

Lichtenberg

über

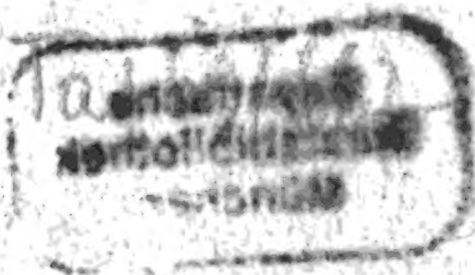
Luft und Licht

nach

seinen Vorlesungen herausgegeben.

Mit Kupfertafeln.

Wien und Triest,
in Geistingers Buchhandlung.
1811.



Siebenter Abschnitt.

Von der Luft.

§. 202.

Begriff von der Luft.

Wir sind allenthalben von einem Fluidum umgeben, das man die Luft nennt, und von dessen Daseyn man sich auf der Stelle mit seiner flachen Hand, so wie mit jedem Fächer, und auf tausend andere Arten überzeugen kann. Dieses Fluidum umfließt unsere ganze Erde, und bildet um dieselbe ein Luftmeer, auf dessen Boden wir wandeln, in welchem die Vögel wie die Fische herum schwimmen, und dessen Höhe man zu 10—12 geographische Meilen annimmt, aber eigentlich nicht gewiß bestimmen kann. — Die Luft ist unsichtbar. Jedoch dieß gilt nur von kleinern Portionen derselben. Stellt

sie sich uns in großer Quantität dar, so erscheint sie von hellblauer Farbe. Das, was wir den blauen Himmel nennen, ist die Luft. — Wie wichtig die Luft für uns sey, darf wohl nicht erst gesagt werden. Wir könnten nur wenige Minuten ohne sie leben. Ohne sie hätte unser Feuer keine Nahrung. Sie ist das Vehikel für die Töne, die Musik, und die Sprache. Wenn Gegenden vor Hitze verschmachten, so geräth die Luft in Bewegung, oder führt regenschwere Wolken dahin, oder zersetzt sich selbst in Wasser, und erquickt wieder die lechzende Gegend. Vermittelst der Luft sind die Welttheile miteinander verknüpft worden. — Aus diesem Allen ergiebt sich wohl von selbst, wie interessant die Lehre von der Luft für uns seyn muß.

§. 203.

Elasticität der Luft.

Die Elasticität der Luft wird recht gut bewiesen mit dem Eindringen des Was-

sers in ein mit der Oeffnung nach unten gekehrtes Glas, das man in einem Gefäß dergestalt unter Wasser taucht, daß der Rand desselben die Oberfläche des Wassers ringsherum zugleich berührt. Nur muß man den Umstand, daß das Glas immer stärker aufwärts getrieben wird, je tiefer man es untertaucht, nicht der Elasticität der Luft, wenigstens nicht derselben allein zuschreiben. Der nähmliche Umstand ereignet sich ja auch mit jedem Stückchen Holz von geringerem spezifischen Gewichte, als das des Wassers ist, so wie mit jedem leeren, etwas hohen und leichten Glase, das mit dem Boden voran untergetaucht wird. Es rührt also nur von der spezifischen Leichtigkeit des Glases her.

Der Umstand, daß nur wenig Wasser in das umgestürzte Glas eindringt, und dasselbe nicht ganz damit gefüllt wird, wie es doch nach hydrostatischen Grundsätzen seyn sollte: ist zugleich einer der simpelsten Be-

weise für das Daseyn der Luft, wovon im vorhergehenden §. die Rede war. Läßt man ein Lichtchen auf Kork gesetzt, unter dem Glase brennen, so verlischt es zwar endlich; dieß rührt aber nicht von der Abwesenheit der Luft her, sondern daher, weil das pabulum vitæ für die Flamme alle wird.

Für die Impenetrabilität der Körper und nahmentlich der Luft giebt dieser Versuch ebenfalls einen sehr schönen Beweis. Er wurde auch, als von derselben die Rede war, angestellt. (Sieh 1. Bändchen S. 44.) Von diesem Versuche hat man auch eine schöne Anwendung auf die Taucherglocke gemacht. — Robert Menzies (in seinem Tentamine physiologico de respiratione. Edinb. 1790, übersetzt und mit Anmerk. begleitet, in Grens Journal der Phys. B. VI.) fand, das ein erwachsener Mann von gewöhnlicher Größe, jedesmahl 43 engl. Kubikzoll Luft einathme, und beym Ausathmen 13 Kubikzoll davon ver-

derbe, oder irrespirabel mache; ferner, daß das Athemhohlen in jeder Minute achtzehenmahle geschehe, und folglich in derselben 774 Kubikzolle oder 4 Quartierbouteillen Luft eingeathmet, und beym Ausathmen 234 Kubikzolle unbrauchbar gemacht werden. — Hierauf beruhet nun die Taucherglocke. — Weil es Niemand mit derselben so weit trieb als Halley, so verdient sie hier einer ausführlicheren Erwähnung *).

Halley's Glocke war oben 3 Fuß, unten 5 Fuß breit, 8 Fuß lang, und faßte 63 Kubikfuß, oder beynahe 8 Oxhoft Luft. Sie war von Holz, aber mit Bley so stark umzogen, und am untern Rande mit Gewichten so beschwert, daß sie schon leer untersank. Sie wurde an einem Queerbalken,

---

*) Seine Abhandlung darüber findet sich in den Philosoph. Transact. vom Jahr 1717 und 1721, welches man sich wegen des Datums zu merken hat.

der an dem Mastbaum des Schiffes befestiget war, in die See gelassen. — Halley ließ sich selbst mit noch 4 andern Personen 10 Klafter tief in die See, und verweilte mit seiner Gesellschaft 1 und 1/2 Stunde lang unter dem Wasser. Ja er korrespondirte sogar in das Schiff hinauf, und man gieng 300 Fuß auf dem Boden des Meeres von der Glocke hinweg, aber versteht sich, wieder unter der Sauve-Garde einer andern Glocke, die durch eine lederne wasserdichte Röhre mit der großen Glocke in Verbindung gehalten wurde. — Um die verdorbene Luft in der Glocke zu ersetzen, hatte man ein sinnreiches Mittel erfunden. Es wurden von dem Maste zwey mit frischer Luft gefüllte kleine Fässer von Holz und mit Bley überzogen, nach Art der Brunnen-Eimer hinunter gelassen, ohne daß sie umstürzen konnten. In dem untern Boden hatten sie eine Oeffnung, wo das Wasser eindringen konnte, wenn demselben von der Luft Platz gemacht wurde.

Oben an jedem Faße war an einer Oeffnung derselben ein lederner Schlauch wasserdicht befestiget, der sich in eine kleine, mit einem Hahne versehene Röhre endigte. Diese Röhre zog man unter die Glocke, und drehte den Hahn auf. Nun drang das Wasser bey der untern Oeffnung in das Faß hinein, und trieb aus demselben die Luft durch den Schlauch in die Glocke. Versteht sich von selbst, daß das Fäßchen jedesmahl tiefer zu stehen kommen mußte, als die Glocke. An der Glocke war auch eine mit einem Hahn versehene Oeffnung, durch welche man die schlechte Luft hinaus schaffte. — So wurde also auch die Glocke restaurirt; so konnte man wieder eine Weile leben! War ein Fäßchen leer, so gab man ein Zeichen, und es kam das andere. Wollte man nach einer anderen Stelle, so korrespondirte man hinauf, und das Schiff segelte weiter. — Um denn auch in der Glocke sehen zu können, war oben an

derselben ein Glas angebracht. Aber das mußte gut gefaßt seyn; War die See glatt, so konnte man gut sehen; aber wenn sie rauh und stürmisch war, sah man wegen der vielfachen Reflexion des Lichtes nichts. Ein Kerzenlicht konnte man darum nicht gut in die Glocke hinein nehmen, weil dieß eben so viel Luft verzehrt haben würde, als der Mensch, und weil man hier mit der Luft so haushälterisch umgehen mußte. — Die einzige Ungemächlichkeit, die man empfand, war der Schmerz in den Ohren, Dieser rührte von der Verdichtung der Luft beym Hinablassen der Glocke her. So wie man aber langsamer damit zu Werke ging, verging derselbe.

Bey dieser Gelegenheit etwas über einen Gedanken der Taucher. Sie nehmen einen Schwamm mit Oehl in den Mund. Man dachte gewöhnlich, es geschehe, um das Athemhohlen dadurch zu befördern. Aber was in aller Welt hat das Athemhohlen

mit dem Oehle gemein! Es geschieht vermuthlich des Sehens wegen. Es ist nähmlich schon eine alte Erfahrung, daß man mit Oehl die Wellen ebnen kann. Es kommt schon im Aristoteles und im Plutarch vor. Im letzten ist sogar eine Abhandlung: mare oleo sedare. Franklin hat die Entdeckung von Neuem gemacht. Einst strandete an der Nordsee bey Hamburg ein Schiff. Man konnte demselben wegen der Brandung nicht zu Hülfe kommen. Da fielen gerade die Oehltonnen, mit welchen es belastet war, in die See, und siehe da! die Wellen legten sich. *) — Vielleicht drückt also der Tau-

*) „Schiffer Mathias Heinr. Schmidt, von Lübek nach Lindau bestimmt, schreibt unter dem 8. Nov. 1779 von Bornholm, daß er an der Norder-Ecke dieser Insel gestrandet, daß er mit seinem Volk in größter Gefahr gewesen sey, aber nächst Gott, seine und der Seinigen Erhaltung einer Tonne Thran, die auf dem Verdeck gelegen, zu verdanken gehabt habe," (Aus den Hamb. Zeitungen).

cher den Schwamm unten an, daß das Oehl in die Höhe steigt, die See blank macht, und so das Sehen befördert. — Ein Papst gab einmahl einem Schiffer ein Fläschchen mit geweihtem Oehle mit, wie Lichtenberg in einem alten lateinischen Gedichte gelesen hat. Vielleicht hatte auch dieses auf etwas Aehnliches Bezug.

Ein berühmter schwedischer Mechanikus Triewald verbesserte die Halleysche Taucherglocke. Bey derselben saßen nähmlich die Herren alle unter der Glocke. Dieß ist sehr unökonomisch. Wie viel Luft geht aus einer Stube nicht hinaus, wenn man hinein gehet. Trinwald stellt daher die Taucher so, daß nur der Kopf unter die Glocke, und noch dazu nur etwas über die Wasserfläche zu stehen kommt. Er bringt zu dem Ende Ketten an, die unten ein Fußgestell tragen, auf

Göttinger Taschen-Kalender v. J. 1781. S. 110.

welchem die Herren stehen. — In Martins Philosophia britanica sind beyde Glocken beschrieben, und in Kupfer gestochen.

Ueber das Alter und die Erfindung der Taucherglocke sehe man Beckmanns Beyträge zur Geschichte der Erfindungen, den ersten Band. Die erste sichere Nachricht fand er in Schotts Technica curiosa, wo ihr wirklicher Gebrauch auf das J. 1538 festgesetzt wird. Gewöhnlich setzt man die Erfindung derselben in das 16te Jahrhundert. Es kommt aber auf die Erklärung eines griechischen Wortes im Aristoteles an: so ist sie älter, als Aristoteles selbst. Er sagt nähmlich (Problematum XXXII. §. 5.) λεβητα καταφεντες. Das erste Wort bedeutet einen Kessel, das zweyte kömmt her von κατα, απο und ιημι, und kann heissen entweder: demittentes, sie haben den Kessel nachgeschickt, oder superimponentes, sie haben den Kessel umgestürzt. Im zweyten Falle wäre es offenbar die Taucherglocke.

Im ersten Falle würde der Kessel blos als Luftmagazin gedient haben, aus welchem der Taucher schöpfen konnte.

Im Lateinischen heißt die Taucherglocke Campana urinatoria, von urinari, untertauchen, und dieß wieder von ουρος, ventus. Man muß also ja nicht übersetzen: das Wasser lassen, wie es schon geschah. Holberg, ein dänischer Schriftsteller, erzählt, das Jemand folgende lateinische Stelle von einer Perlfischerey in einer Reisebeschreibung: „Malleum suum perdiderat, ideoque urinabatur, et cum eum invenire non poterat, iterum urinabatur," so übersetzte: Er verlor seinen Hammer, und ließ deßwegen das Wasser, und als er ihn nicht finden konnte, ließ er noch einmahl das Wasser.

§. 204.

Schwere der Luft.

Das Luftmeer ist schwer. Man weiß nicht nur daß es drückt, sondern man hat

auch den Druck berechnet. Daß die Luft bey uns so dünne ist, rührt daher, weil wir uns nahe an der Gränze derselben befinden. Unten in der Erde ist sie gewiß dichter. Ja es giebt da Stellen, in welchen selbst das Gold schwimmen würde, weßwegen denn auch Franklin einmahl die Luft für den dichtesten Körper erklärte. (S. 1. Bändch. S. 52.)

Die Schwere und der Druck der Luft wird weiter unten durch eine Menge Versuche bestätiget werden. Fürs erste reicht dazu die Erfahrung hin, das aus einer nicht allzuweiten, mit Wasser gefüllten, und oben verschlossenen Röhre, das Wasser nicht herausfließt, ungeachtet die Röhre unten offen ist, welches durchaus von nichts anderem, als von dem Drucke der Luft herrühren kann. Auch aus der allerweitesten Röhre würde das Wasser nicht ausfließen, wenn dasselbe nicht beym Umdrehen der Röhre in eine schwankende Bewegung geriethe. Beugt man

dieser vor, so ereignet sich eben dasselbe, wie bey der engeren Röhre. Drückt man z. B. auf ein mit Wasser gefülltes Glas ein Blatt Papier scharf an, und dreht dasselbe in eben dem Augenblick um, so fließt kein Tropfen aus. Der Versuch gelingt immer, wenn man nur recht behende zu Werke gehet. (§. 206.)

§. 205.

Wirkungen des Druckes der Luft.

Auf die eben angeführte Erfahrung gründen sich eine Menge Phänomene, unter welchen das mit dem Stechheber das bekannteste ist. Hat man dieses richtig gefaßt, so kann man sich auch alle übrigen, z. B. das Vestalische Sieb, den magischen Trichter, den Oehlkrug der Witwe, das nach diesen Gründen eingerichtete Dintenfaß, die Taschenschreibfedern mit Dinte, den Zauberbrunnen u. s. w. erklären.

Das Vestalische Sieb (Fig. 1.) ist eine Art von Gießkanne, deren Boden durchlöchert ist, also eigentlich der Stechheber sehr oft wiederhohlt. Hält man die obere Oeffnung mit dem Daumen zu, so fließt unten nichts heraus. Zu dem Ende darf die Oeffnung des Halses nicht so groß seyn, als der Hals selbst, wenn dieser etwas weit seyn sollte, damit man mit dem darauf drückenden Daumen die eindringende Luft sicherer abhalten könne. Der Nahme kommt daher: Eine Vestalinn zu Rom kam in Verdacht, das Gelübde der Keuschheit gebrochen zu haben, da bath sie den Jupiter, er möchte ihretwegen ein Wunder thun; das that er denn auch. Er verstattete ihr mit einem durchlöcherten Siebe Wasser aus der Tiber bis zum Tempel der Vesta zu tragen. — „Wenn es ein solches Sieb gewesen wäre, sagte hier Lichtenberg immer, wie dieses hier, so könnten damit auch die Göttingischen Vestalinnen Wasser aus der

Leine bis zum Tempel am Geißmarthore *) tragen. Ich habe sonst immer diese Anekdote erzählt, weil ich aber gehört habe, daß man mir es übel nehme, so thue ich es jetzt nicht mehr.„

Der magische Trichter (Fig. 2.) ist ebenfalls ein versteckter Stechheber. Es ist ein doppelter Trichter, und auf das Loch unter dem Henkel kommt alles an. Man kann rothen Wein und Wasser zu verschiedener Zeit, das ist, nacheinander aus demselben, auf eine überraschende Art herausfließen lassen. Zuerst gießt man z. B. den rothen Wein in den Trichter, der steigt also, nach hydrostatischen Gesetzen, in den verborgenen Trichter hinein. Nun hält man das Loch unter dem Henkel zu, und läßt den Wein aus a wegfließen. Aus bb kann

*) Das prächtige Gebäude des Gebärhauses in Göttingen am Geißmarthore, dessen sich freylich größtentheils nur Vestalinnen bedienen. — Göttingen liegt an der Leine.

er nicht fließen, aus Gründen der obigen Erfahrung (§. 204). Jetzt wird, aber immer bey zugehaltenem Loche, unter dem Henkel Wasser in den Trichter gegossen, das fließt natürlich wieder unten zur Oeffnung hinaus. Endlich wird der Finger vom Loche unter dem Henkel weggezogen, und nun fließt erst der Wein heraus, der bisher in bb versteckt war.

Mit dem Oehlkruge der Witwe (Fig. 3.) ist es ganz das Nähmliche. Er besteht aus zwey Kannen, die durch ein Diafragma getrennt sind, und bloß durch das kleine Loch a Communication haben. Man hält die Kanne so, daß der Zeige- und Mittelfinger durch den Henkel gehen, der Daumen unter die Schneppe zu liegen komme, und der Gold- oder kleine Finger das Loch b zuhalten kann. Nun läßt man Wasser in die Kanne giessen, natürlich dringt dasselbe durch die Oeffnung a auch in die zweyte Kammer hinunter, wenn man

den Finger von der Oeffnung b wegnimmt. Wie man merkt, daß das Wasser hier herausfliessen will, hält man den Finger darauf. Jetzt füllt sich auch die obere Kanne mit Wasser. Nun dieß obere Wasser läßt man bey fest verschlossener Oeffnung b zur Schnelle heraus fließen, läßt dann in das innere der Kanne schauen, wo natürlich Niemand auch nur eine Spur von Wasser bemerken kann, und jetzt wird der Finger vom Loche b weggezogen, da denn erst das in der untern Kanne befindliche Wasser zum Vorschein kommt. — Mit Wasser und Wein wird der Versuch noch überraschender. Uebrigens freylich unterscheidet sich dieses Krüglein von dem Krüglein der Witwe zu Zarpad dadurch, daß man hier erst das Oehl hineinbringen muß, wenn man eines heraus haben will. Bey jenem wars anders.

Das nach diesen Gründen eingerichtete Dintenfaß (Fig. 4.) hat alle Eigenschaften eines guten Dintenfaßes. Es ent-

hält viele Dinte, verdampft wenig, macht keine Klekser, wenn es umfällt, und die Feder kann beym Eintauchen nicht zu viel bringen. Es beruht wieder ganz auf dem obigen. Wird Dinte hinein gegossen, so muß sie sich in BB und A horizontal stellen. Verkorkt man nun das Loch bey C, und schüttet die Dinte aus A weg, so kann die in BB nicht ausfließen, wenn man gleich das Dintenfaß umwendet. Stiept man aber mit der Feder in die Oeffnung E hinein, so macht man der Luft eine kleine Oeffnung; ein Luftbläschen steigt bis C oder D hinauf und drückt etwas Dinte herunter, so daß man gerade die Feder voll bekommt. — Es wurde ein solches Wedgwodisches Dintenfaß vorgezeigt.

Die Taschenschreibfedern mit Dinte beruhen auf denselben Gründen. Sie haben die Form derjenigen, zu welchen man die Dinte a parte haben muß. Aber sie führen ein kleines Dintenmagazin schon bey

sich, und bey einer kleinen, gegen die Erde gerichteten Stoßbewegung geben sie gerade so viel davon in die Feder, als nöthig ist. — So war die fruchtbare Feder des Hrn. Nikolai *) zu Berlin, mit welcher er seine Reise beschrieb. — M. Seyde verfertigt dieselben, das Stück für 18 g. Gr.

Der Zauberbrunnen oder intermittirende Brunnen (Fig. 5.) ist wieder ganz dasselbe. In das hohle Gefäß A, an welchem sich vier Ausgußröhrchen mit engen Oeffnungen befinden, ist die Röhre BC so eingelöthet, daß sie mit ihrer obern Oeffnung beynahe bis an den Kopf des Gefäßes reicht. Unten ist die Röhre in einen Teller, der auf einem andern hohlen Gefäße E befestiget ist, eingeschraubt, und hat mit demselben durch eine enge Oeffnung,

*) Nikolai war einer von den wenigen lebenden Gelehrten, über welche sich Lichtenberg öffentlich so äußerte, daß man daraus abnehmen konnte, er sey ihm nicht gut

die immer kleiner seyn muß, als die Summe der Oeffnungen aller vier Ausgußröhren, Communication. Ferner hat diese Röhre unten bey F eine Seitenöffnung, durch welche, so lange sie offen bleibt, die äußere Luft eintreten, und durch die Röhre in das obere Gefäß A gelangen kann. Befindet sich nun in diesem Gefäße Wasser, so fließt dasselbe durch die Ausgußröhren auf den Teller herab, und läuft, so viel es die Communications Oeffnung gestattet, durch dieselbe ab in das untere Gefäß. Weil aber diese Oeffnung kleiner ist, als die Summe der Oeffnungen der vier Ausgußröhren, so kann durch dieselbe nicht so viel Wasser ablaufen, als die Ausgußröhren geben. Es sammelt sich also auf dem Teller an, und verstopft endlich die Seitenöffnung bey F, so daß keine äußere Luft mehr durch dieselbe eintreten, und das Wasser herabdrücken kann. Nun stockt also der Brunnen. Mittlerweile dauert das Ablaufen des Wassers durch die

Communicationsöffnung in das untere Gefäß beständig fort, und da jetzt kein neues hinzukömmt, so wird die Seitenöffnung bey F wieder frey, die Luft dringt ein, und der Brunnen kommt wieder in Gang. — Die Taschenspieler können daher einen solchen Brunnen kommandiren, (Fontaine de commandemens) aber eigentlich kommandirt doch sie der Brunnen. — Um das Ablaufen des Wassers in das untere Gefäß möglich zu machen, muß dasselbe außer der Communicationsöffnung mit der Röhre BC noch eine andere Oeffnung, etwa bey G haben.

§. 207.

Verschiedene Dichtigkeit der Luft.

Aus der Schwere der Luft und ihrer Eigenschaft sich zusammendrücken zu lassen, zusammengenommen, folgt natürlich, daß sie an einer jeden nidrigeren Stelle dichter

und zusammengepreßter seyn müsse, als an einer höhern. Auf dem Hainberge (bey Göttingen) steht das Quecksilber um 6 Linien tiefer als im Thale. Die uns umgebende Luft ist also viel dichter, als die auf hohen Gebirgen, und die in tiefen Schachten wieder viel dichter, als die uns umgibt.

§. 210.

Saugwerk. Ventilatoren.

Wenn man ein Glas mit Wasser auf Wasser umstürzt, so fließt aus demselben nichts heraus. Könnte man also von einer Stelle eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, den Druck der Luft wegnehmen, so daß er auf allen übrigen bliebe, so würde das Wasser gleich aufsteigen. Hierauf gründet sich nun das ganze Saugwerk. Statt vieler Beyspiele darüber nur das eine, das man täglich vor Augen hat, von unsern gewöhnlichen Pumpenbrunnen. — Sie bestehen gewöhnlich aus drey luftdicht, mit-

telst der sogenannten Büchsen übereinander gesetzten hölzernen Röhren, der obern oder Dockenröhre, der mittleren oder Stieselröhre, und der unteren oder dem Ventilstocke, und die Hauptsache dabey ist, ein hohler messingner Cylinder AB, (Fig. 6.) der Stiefel genannt, und die Ventilbüchse CD. In dem Stiefel der ungefähr 1 und 1/2 Schuh lang ist, und an dem unteren Ende der Mittelröhre steckt, spielt der durchbohrte, und bey a mit einer Klappe versehene Stämpel oder Kolben FC. Die Ventilbüchse CD mit dem Ventile EM steckt am obern Ende der untern Röhre oder des Ventilstocks, die ungefähr 3 Schuh lang, zum Eindringen des Wassers bey G, H, I, K durchbohret ist, und auf dem Boden des Brunnen steht. Der Stiefel und die Ventilbüchse bilden eigentlich ein Ganzes. Sie werden aber darum als besondere Theile auf solche Art miteinander verbunden, damit theils die Einsetzung derselben in die

Röhren, theils bey einer vorfallenden Stockung, die Reparatur desto leichter könne vorgenommen werden. — Sobald nun der Stämpel in die Höhe gezogen wird, erhebt sich das Ventil E, und das Wasser muß die Klappe am durchbohrten Stämpel öffnen, und in den Stiefel in die Höhe steigen. Geschieht ein neuer Zug des Stämpels, so sucht das über demselben sich befindende Wasser, vermöge seiner Schwere zurückzufallen, weil sich aber alsdann die Klappe a schließt, so kann es nicht wieder zurück, und es wird von Neuem durch das Ventil E in den Stiefel Wasser treten. Spielt auf diese Weise der Stämpel eine Zeit lang ununterbrochen auf und nieder, so sieht man leicht, daß hiedurch Wasser in die Höhe gehoben werden, und durch eine in der obersten Röhre angebrachte Ausgußröhre abfließen muß.

Ventilatoren sind Instrumente, die verdorbene Luft irgendwo herauszupumpen.

Der Erfinder davon ist D. Hales, obwohl auch zu derselben Zeit im J. 1741 Triewald darauf verfiel. — Der Blasebalg ist so ein Ventilator. Robins hat zu Philadelphia herrliche Versuche damit angestellt. Es war da ein Brunnen, der lange nicht geöffnet wurde, brachte man Licht hinein, so ging es aus. Robins ließ sich einen großen Schmiedeblasbalg bringen, und brachte vorne an demselben einen langen Spritzenschlauch an. So ließ er nun in den Brunnen hinein blasen, und bald darauf konnte man schon Licht hinein bringen. Vermittelst des Ventilators wurde nähmlich gesunde Luft in den Blasebalg, und so durch den Schlauch in den Brunnen gebracht.

§. 211.

Ausdehnung der Luft durch die Wärme.

Der Satz von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, wird hier von dem

Verfasser blos lemmatisch des folgenden Paragraphen wegen angeführt. — Man kann sich von dieser Ausdehnung vor der Hand am deutlichsten durch folgenden Versuch überzeugen. Man zünde Werk an, und halte es brennend unter ein Stängel- oder was immer für ein anderes Glas. Dadurch wird nun die Luft in demselben so verdünnt, daß, wenn man es umgestürzt auf eine ebene Fläche, am besten auf nasses Leder stellt, und eine Weile fest hält, bis es kalt wird, dasselbe wegen des Drucks der äußeren Luft so fest steht, daß man Mühe hat, es wieder weg zu bringen. — Eben so, wenn bey dem Drebbelschen Luftthermometer die Kugel oben erhitzet wird, sinkt das Wasser oder der Liquor herunter, und steigt hinauf, wenn sie wieder kalt wird.

Daß die Luft durch diese Ausdehnung geringer werde, kann man sich am deutlichsten durch folgenden simpeln Versuch überzeugen. Man hänge an eine Wagschale eine

umgekehrte Papierdute, und bringe sie mit der andern Schale ins Gleichgewicht. Nun verdünne man die Luft unter der Dute durch angezündeten Flachs u. s. w., so wird die andere Schale das Uebergewicht bekommen, und diese dagegen steigen.

§. 212.

Ein Gefäß mit einer engen Oeffnung zu füllen.

Man jagt die Luft durch die Erhitzung des Gefäßes, z. B. eines Glases, aus demselben heraus. Sobald das Glas erkaltet, dringt das Wasser hinein, bringt man einen Tropfen Weingeist hinein, so kann man die Luft ganz heraus bringen. — Will man das Wasser wieder heraus haben, so darf man das Glas nur wieder erwärmen.

Auf diese Art kann man auch finden, wie stark ein gewisser Grad von Hitze die Luft ausdehne. Robins hat einem inwendig gut polirten, und genau calibrirten Flin=

tenlauf die Hitze des weißglühenden Eisens gegeben, und dann denselben gut an beyden Oeffnungen verschließen lassen, hierauf ließ er ihn erkalten, brachte ihn unter kaltes Wasser, öffnete ihn daselbst, und aus der Menge des nun eindringenden Wassers fand er, daß die Luft in der Röhre nur 1/4 von der äußeren war, folglich dieselbe in einem viermahl größeren Raume ausgedehnet wurde. — Hierauf gründen sich wichtige große Rechnungen.

§. 213.

Gränzen des Druckes der Luft.

Daß der Druck der Luft nicht unendlich seyn könne, sondern eine bestimmte Größe haben müsse, konnte man wohl a priori vermuthen. Aber seit Galilei's (geb. 1564. † 1642) Zeiten weiß man es auch a posteriori. Ihm wird die Entdeckung zugeschrieben, daß das Wasser nur 32 Fuß hoch durch den Druck der Luft erhalten

werden könne. Man sagt, er soll dieselbe bey folgender Gelegenheit gemacht haben: Ein Gärtner des Herzogs von Florenz wollte einen sehr hohen Pumpenbrunnen machen, wie er damit fertig war, konnte er nicht gebraucht werden, weil kein Wasser heraus kam. Er untersuchte die Maschine, und fand keinen Fehler daran; endlich rief er den Galilei, und der machte dann die Entdeckung. — Es ist aber ausgemacht, daß Descartes noch eher als Galilei dieselbe Entdeckung machte.

Wußte man es einmahl von einem Fluidum, wie hoch dasselbe durch den Druck der Luft erhalten werde, so konnte man es natürlich bald von allen übrigen wissen, deren spezifisches Gewicht man kannte. Man hat auch eine eigne Vorrichtung, (Fig. 7.) um es den Sinnen anschaulich zu machen, daß nicht alle Flüßigkeiten vom Druck der Luft gleich hoch erhalten werden. Versuche darüber mit Wasser, Quecksilber, Oehl und

Vitriolöhl. Bey A ist eine kleine Luftpumpe, mit welcher die Glasröhren in Kommunikation stehen. Die Glasröhren stehen unten in die Schalen hinein, in welchen die verschiedenen Fluida sind. Zieht man nun oben an, so steigen die Fluida in die Höhe. BC stellt das Holz vor, an welchen die Röhren festsitzen. Das Vitriolöhl wird 16 Fuß hoch, und das Quecksilber nur 28 Zoll hoch erhalten.

§. 214.

Gränze des Druckes der Luft für das Quecksilber.

Weil das *Quecksilber* ungefähr 14 mahl schwerer als das Wasser ist, so wird es durch den Druck der Luft 14 mahl niedriger gehalten werden. Nun ist $\frac{32}{14} = 2\frac{4}{14}$ Fuß $= 27\frac{3}{7}$ Zoll; also erhält der Druck der Luft das Quecksilber 28 Zoll hoch.

Hier kann auch der *Einwurf* beantwortet werden, welchen man gegen *den*

Druck der Luft erhebt. Nimmt man eine Barometerröhre von 28 Zoll Höhe, füllt sie mit Quecksilber, hängt sie an eine Wage, und läßt sie unten in eine Quecksilber-Schale stehen, so muß das Gewicht, mit welchem man die Röhre in der anderen Wagschaale balancieren macht, so groß seyn, als das Gewicht der Röhre mit dem Quecksilber. Wenn nun, sagt man, die Luft das Quecksilber trägt, wie kömmt es, daß es doch auf die Wage wirkt, kehrt man die Röhre um, so trägt die Wage das Quecksilber wirklich, und die Röhre wirkt doch nicht mehr als vorhin? — Allein dieß Alles muß nothwendig aus dem Drucke der Luft erfolgen. Beym gewöhnlichen Gebrauche der Wage hat man an den Druck der Luft nicht zu denken, ja es kann auf jeder Schale ein Zentner Gewicht liegen, und man kann doch wägen, allein beym obigen Versuche kommt der Druck der Luft gar sehr in Betracht. Der untere Druck wird

ja im ersteren Falle ganz weggenommen, der obere drückt nach, folglich muß in die andere Schale ein gleich großes Gewicht geleget werden, um das Gleichgewicht herzustellen. Im andern Falle hingegen, wo man die Röhre umkehrt, ist alles wie gewöhnlich. Folglich muß die Röhre in jeder Lage gleich viel wiegen. Man kann sich die Sache am besten auf folgende Art erläutern. Man hänge statt der obigen Barometerröhre einen soliden Cylinder, z. B. von 3 Pfund, an die Wage, und denke sich nun zwey gleichwirkende Stahlfedern über dem obern und untern Ende angebracht; die obere drückt den Cylinder hinunter, die untere drückt ihn hinauf. Es wirkt nichts weiter auf die Wage, als das Gewicht desselben. Legt man also in die gegenüber stehende Wagschale ein diesem Gewichte gleiches Gewicht, so muß die Waage balanciren. Wird nun ein Loth mehr in die Schale gelegt, so entsteht ein Uebergewicht, und man

könnte also in dieser Lage der Wage recht gut wägen. Dieß ist nun der obige zweyte Fall denn die obere Stahlfeder ist der obere, und die untere der untere Druck der Luft. Hängt man aber an die untere Stahlfeder ein kleines Gewicht, z. B. von einem Loth, so wird die gleiche Wirkung der beyden Stahlfedern aufgehoben; die obere drückt mehr, und es muß also auch ein Loth in die Schale gelegt werden, um das Gleichgewicht herzustellen. Dieß ist nun der obige erste Fall.

§. 215.

Größe des Druckes der Luft.

Die Erfahrung, daß das Quecksilber durch den Druck der Luft 28 Zoll hoch erhalten werde, gibt ein vortreffliches Mittel an die Hand, diesen Druck der Luft zu berechnen. Nur muß man dabey nicht vergessen, daß jene Höhe veränderlich ist,

und diese Veränderlichkeit jedesmahl in Anschlag bringen.

Will man z. B. den Druck der Luft auf einen Quadratfuß wissen, so darf man sich nur eine Quecksilbersäule denken, deren Basis dieser Quadratfuß, und die Höhe 28 Zoll mehr oder weniger ist. Man braucht also nur das Gewicht des Quecksilbers zu wissen, um das Verlangte zu erhalten. Nun ein Rheinischer Kubikfuß Quecksilber wiegt 1176 Pfund Troygewicht; *) folglich

*) Nach köllnischem Gewicht wiegt ein Pariser Kubikfuß Quecksilber nahe 950 Pf. ein Kubikzoll Duodezimalmaß 17 Loth, 2 4/9 Quentchen. Wenn also der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder 2 1/3 Fuß, so beträgt er gegen eine Fläche von einem Quadratfuß 2216 2/3 Pf., und von einem Quadratzoll 15 Pf. 12 256/432 Loth. Um jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder niedriger als 28 Zoll ist, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuß 6 43/72 Pf. mehr oder weniger. Grens Naturl. §. 770.

muß man für jeden Zoll = $\frac{1}{12}$ Fuß der Quecksilberhöhe über einem Quadratfuße, 98 Pfund, und für jede Linie = $\frac{1}{144}$ Fuß, 8 $\frac{1}{6}$ Pfund rechnen. Es drückt daher die Luft auf einen Quadratfuß, bey 28 Zoll Barometerhöhe, mit 2744 Pfund, und einen Quadratzoll mit $\frac{1176}{1728}$ 28 = 19 $\frac{1}{18}$ oder mit Weglassung des kleinen Bruchs = 19 Pfund.

Eine Seifenblase, die 4 Zoll im Durchmesser hat, und so groß kann man sie mit Bequemlichkeit blasen, hat 50 Quadratzoll Oberfläche. Sie wird also mit einer Last von 950 Pfund gedrückt.

Das Gewicht Luft, welches ein erwachsener Mensch, seine Haut zu 15 Quadratfuß gerechnet, bey einer Barometerhöhe von 28 Zoll beständig trägt, ist 12. 12. 15. 19 $\frac{1}{8}$ = 41160 Pfund. Also die Schweizer, die von hohen Ge-

birgen in die Thäler herabsteigen, werden in kurzer Zeit von etlichen tausend Pfund, bald weniger, bald mehr Luft gedrückt, und bleiben doch gesund! — Zu Quito in Amerika steht der Barometer nur auf 16 Zoll. Wie viel weniger Luft hat also da der menschliche Körper zu tragen!

Die Luftpumpe.

§. 216. *)

Geschichte der Luftpumpe.

Die Aristotelische Lehre, daß es in der Natur kein Vacuum gebe, brachte in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts den Bürgermeister von Magdeburg Otto von Guerike auf den Einfall, zu versuchen,

* Hier verließ Lichtenberg den Gang des Compendiums. Er ließ zuerst die vorzüg-

ob dieß auch wahr sey. Es kündigt immer einen großen Mann an, wenn man an allgemein geglaubten Wahrheiten zu zweifeln anfängt, und denselben nicht eher beystimmt, bis man sich selbst davon überzeuget hat! Und Guerike war wirklich ein großer Mann, nicht nur wegen dieser Erfindung, sondern auch wegen anderer Entdeckungen in der Lehre von der Elektrizität. Auch wurde er in Staatsgeschäften gebraucht, und zum Friedenskongresse nach Osnabrück, so wie nach Wien und nach Regensburg gesandt.

---

lichsten Versuche mit der Luftpumpe, die unten von §. 225 bis §. 235 vorkommen, durch seinen Ammanuensis anstellen, und hierauf erst kam er auf die Geschichte der Luftpumpe, und die verschiedenen Verbesserungen derselben, und auf die Beschreibung und Auseinanderlegung der Smeatonschen, der er sich bediente, zurück. — Um die Paragraphen-Ordnung nicht zu zerreissen, folge ich dem Compendium.

Seine ersten Versuche stellte er mit einem hölzernen F a ß e an, das er mit Wasser füllte, allenthalben wohl verwahrte, und mit einer messingnen Feuerspritze in Verbindung brachte. Die Spritze wurde mit einem eisernen Ringe durch vier eiserne Schrauben an das Zapfenloch des Faßes befestiget, und war mit zwey ledernen Ventilen versehen. Das eine inwendig an dem vordern Theil der Spritze, um das Wasser aus dem Faße in die Spritze zu bringen; das andere auswendig, um es aus der Spritze zu schaffen. — Nun meinte Guerike, wenn an dem Kolben der Spritze gezogen würde, müßte das Wasser nachtreten, und auf diese Art in dem Faße ein Vacuum entstehen, allein er täuschte sich. Nicht nur, daß anfangs eher die Schrauben abbrachen, als der geringste Tropfen Wasser aus dem Fasse zu bringen war. Auch da er diese stärker machen ließ, und es so dahin brachte, das drey starke Männer das Wasser wirklich

durch das äußere Ventil herausspritzen konnten, hörte er an allen Orten des Fasses ein starkes Geräusch, und die äußere Luft drang also durch die Dauben desselben hinein.

Er ließ sich hiedurch nicht abschrecken, sondern dachte auf Mittel, der Luft den Eingang in das Faß zu verwehren. Er nahm deßhalb zwey Fässer von verschiedener Größe, setzte in das größere das kleinere, befestigte an demselben durch das größere hindurch die Spritze, und füllte beyde mit Wasser. Nun ging es zwar besser, aber als es Abends stille wurde, hörte er an den Fässern ein Zwitschern und Pfeiffen, wie, nach seinem eignen Ausdrucke, eines canentis avis, welches freylich bey einer Luftpumpe eine böse Sache ist. Als er hierauf beyde Fässer öffnen ließ, fand er, daß das innere größtentheils mit Luft und Wasser angefüllet war, doch spürte er

auch bey dessen Eröffnung, daß die äußere Luft noch mit Gewalt hinein drang, und schloß daraus, daß der Raum desselben doch einigermassen leer gewesen seyn müßte.

Dieß brachte ihn bald zur Vollendung seiner Erfindung. Er nahm nun, da er deutlich sah, daß mit dem Holze, welches nicht nur die Luft, sondern sogar auch das Wasser durchdringen lasse, durchaus nichts zu machen wäre, eine hohle kupferne Kugel; und nach manchem mißlungenen Versuche, der auch hierbey statt fand, brachte er endlich seine Luftpumpe zu Stande, welche Karsten in seinem Lehrbegr. der gesammt. Mathem. Theil VI. S. 409 (nach Schotts technica curiosa Lib. 1. Cap. 1), wörtlich folgendermassen beschreibt.

„An dem Hauptcylinder A B (Fig. 8.) „ist ein anderer kurzer Cylinder A C, unge-

„fähr unter einem halben rechten Winkel, „angesetzt, der dazu dient, den mit einem „etwas engen Halse E F versehenen gläser„nen Recipienten D mit der Pumpe bey C „zu verbinden. Bey E befindet sich am Hal„se des Recipienten ein Hahn, den man „verschließen kann, um der Luft den Rück„weg zu versperren, wenn man den ausge„leerten Recipienten von der Pumpe weg„nehmen will, um andere Versuche damit „zu machen. Bey G ist eine mit einem „Ventil versehene Oeffnung, durch welche „die Luft aus dem Recipienten in den Cy„linder hineintritt, wenn der Kolben I ver„mittelst der Stange I K von A gegen B „fortgezogen wird; etwas höher bey H ist „eine andere mit einem Ventil versehene „Oeffnung, durch welche die Luft aus dem „Cylinder heraus in die freye Luft tritt, „wenn man den Stämpel von B nach A „zurücktreibt, da dann das Ventil G der „Luft den Rückweg nach dem Recipienten

„verschließt, so wie die äußere Luft das „Ventil H zudrückt, wenn sich im Cylin„der, die aus dem Recipienten heraustret„tende verdünnte Luft befindet. Der Hals „des Recipienten, der Hahn bey E und „besonders die Stelle bey C, wo der Hals „des Recipienten aufgesetzt wird, müssen „gegen den Zugang der äußeren Luft auf's „sorgfältigste verwahret werden. Um das „Eindringen der äußern Luft an diesen „Sellen mit desto mehr Sicherheit abzuhal„ten, setzte Guerike die Pumpe beym wirk„lichen Gebrauch in ein Gefäß N O P Q, „das so hoch mit Wasser angefüllt war, daß „der ganze Hals des Recipienten nebst dem „Hahn E mit Wasser bedeckt wurde. Ue„brigens war mit dieser Pumpe weiter kei„ne mechanische Vorrichtung verbunden, die „zur Erleichterung der Bewegung des Stäm„pels dienen konnte. Nur oben an der „Kolbenstange bey K befand sich ein Quer„riegel L M, damit 2 Personen angrei-

„sen konnten. Bey L und M wurden auch „wohl Seile angebunden, damit allenfalls „ein Dritter und Vierter angreifen konnte, „wenn die Arbeit zuletzt, nachdem die Luft „im Recipienten schon stark verdünnt war, „sehr beschwerlich ward."

Um die unsägliche Mühe des Auspumpens zu erleichtern, verfiel Guericke im Jahr 1663 darauf, den Cylinder der Luftpumpe vertical unter dem Recipienten aufzurichten und den Stämpel vermittelst eines langen eisernen Hebels auf und nieder zu bewegen. Hiedurch konnte nun freylich ein einziger Mensch das recht wohl bewerkstelligen, was bey der vorigen Einrichtung kaum etliche starke Kerls verrichten konnten. Allein es entstand daraus wieder die noch größere Unbequemlichkeit, daß man für diese Luftpumpe zwey übereinander gelegene Zimmer nöthig hatte. Endlich half Guericke, durch eine weit einfachere Einrichtung, auch dieser Unbequemlichkeit ab, und

krönte damit seine merkwürdige Erfindung. — Seine Ventile hat er so vollkommen verfertiget, daß es jetzt noch schwer hält, sie nachzumachen.

Das Jahr, in welchem Guericke seine ersten Versuche anstellte, ist unbekannt. Doktor Kapp in Schwaben hat sehr genaue Untersuchungen darüber angestellt, und nun kann man doch so ziemlich die Gränze scharf ziehen. Er giebt folgende Data an:

1. Zu Ende des Jahrs 1646 reiste Guericke nach Oßnabrück, und kam erst nach einem vollen Jahr zurück; also war er im Jahr 1647 nicht zu Magdeburg.

2. Im Jahr 1649 reiste er nach dem Hof des Kaisers, und blieb 2 Jahre aus; also war er in den Jahren 1650 und 1651 wieder nicht in Magdeburg.

3. Im Jahr 1653 reiste er nach dem Reichstag zu Regensburg, und machte da im Jahr 1654 vor dem Kaiser seine Versuche.

4. Es ist gewiß, daß er die ersten Versuche zu Magdeburg angestellt hat.

Aus diesem Allen ergiebt sich nun, daß er seine ersten Versuche, entweder zwischen den Jahren 1648 und 1649, oder zwischen den Jahren 1652 und 1653 müsse angestellt haben. Das Medium arithmeticum aus diesen vier Jahren ist das Jahr 1650, welches man also immer für das Geburtsjahr der Luftpumpe halten kann.

Der Churfürst von Mayntz und Bischof von Würzburg kaufte Guericke seine Luftpumpe ab und schenkte sie hernach nach Würzburg an den Jesuiten Kaspar Schott, der die erste Beschreibung davon im Jahr 1657 herausgab.

§. 217.

Verbesserungen der Guerickschen Luftpumpe.

Durch die Schottsche Schrift lernte Robert Boyle die Luftpumpe kennen. Er erwarb sich, in Gemeinschaft mit D. Hook, folgende zwey große Verdienste um die Verbesserung derselben:

1. Er erleichterte die Arbeit. Er brachte nähmlich eben so, wie Guericke, den Cylinder vertikal unter den Recipienten an; aber anstatt des eisernen Hebels, womit jener die Bewegung erleichterte, befestigte er an den Stämpel, eine Stange mit Zähnen, in welche ein Sternrad eingriff, das durch eine Kurbel umgedrehet wurde — wie bey der Fuhrmannswinde. Aber freylich ging hier wieder auf der einen Seite das an Zeit verloren, was auf der andern an Kraft gewonnen ward — welches auch schon von Guericke ausgestellt wurde.

2. Er versah seinen Recipienten oben mit einer Oeffnung, auf welche ein metallener Deckel mit einem eingeschlieffenen Stöpsel genau paßte. So konnte man den Recipienten öffnen, und was man wollte hineinbringen — oder an einem inwendig befindlichen Hacken aufhängen — ohne daß derselbe abgenommen werden durfte.

Uebrigens wich diese Luftpumpe — die sich auch noch durch ein bequemes Fußgestell auszeichnete — dadurch von der Guerickeschen ab, daß sie nicht mit Ventilen wie diese, sondern mit Hahnen versehen war. Am obern Theile des Cylinders ist nähmlich ein Loch mit einem eingeschliffenen metallenen Stöpsel, und am Halse der Kugel ein Hahn, wie bey Guericke. Oeffnet man den Hahn und windet den Stämpel herab, so wird die Luft in dem Recipienten verdünnt; verschließt man dann den Hahn, und öffnet das Loch im Cylinder, so wird durch das Heraufwinden des Stämpels die aus dem Recipienten gezogene Luft ins Zimmer getrieben.

An eigentlicher Güte im Allgemeinem kam die Luftpumpe der Guerickeschen nicht gleich. Boyle hatte den Verdruß, daß die äußere Luft oft alsdann schon in seinen Recipienten drang, wenn die innere 50= bis 70zigmahl verdünnet wurde. Guericke hinge-

gen konnte die Luft in seinem Recipienten, mehr als 1000mahl verdünnen, da er denselben gegen das Eindringen der äußern Luft durch das Wasser so wohl verwahrte.

Um das Jahr 1675 kam Dionysius Papin, ein französischer Arzt und zulezt Professor der Mathematik zu Marburg — derselbe, der sich durch die Erfindung des von ihm *benannten* Papinianischen Topfes so berühmt machte — und brachte an der Boylischen Luftpumpe folgende Verbesserungen an. Er verwarf die Boylische gezahnte Kolbenstange wegen der Langsamkeit der Arbeit, und wählte dafür eine ganz einfache, welche unten mit einem Steigbügel versehen war, den man mit dem Fuße niedertrat. Er war der erste, der — auf Huyghens Rath — den Teller auf die Luftpumpe setzte. Dieß war eine wichtige Verbesserung. Nun bedurfte man nicht mehr der Kugeln, sondern konnte Glocken, umgekehrte Trinkgläser und

dergleichen gebrauchen, wodurch die Anstellung der Versuche ungemein erleichtert wurde. Natürlich mußte durch diese Einrichtung der Hahn an dem Halse des Guerikischen und Boylischen Recipienten wegfallen. Papin ersetzte ihn durch ein Blasen-Ventil, am Ende des Communicationsrohrs. Siehe Acta Erud. Lips. 1687 mens. Jun. p. 324, wo sich auch eine Abbildung der Papinianischen Luftpumpe findet.

Nun gab man der Luftpumpe verschiedene Lagen und versah sie entweder mit Hahnen oder Ventilen. Die berühmtesten darunter, bis auf die Smeatonsche, sind: die Senguerdsche, die Hauksbeesche, die Leupoldsche und die Nolletsche.

Die Senguerdsche Luftpumpe — von Wolferd Senguerd, Professor zu Leiden, ist mit einem doppelt durchbohrten Hahn und mit einem schiefliegenden Cylinder versehen; und die gezahnte

Stämpelstange wird vermittelst eines Kreuzhaspels aus- und ein gewunden. Diese Luftpumpe, die im Jahr 1697 zu Stande kam, wurde bald nachher in Deutschland fast allgemein bekannt und beliebt. Daher kömmt sie auch fast in allen deutschen Handbüchern der Naturlehre und der angewandten Mathematik vor. Wolf — dem sie diese Celebrität so vorzüglich verdankt — stellte alle seine Versuche mit einer Senguerdischen von Leupold verfertigten Luftpumpe an. Die Lichtenbergische wurde von Mussenbroeck, einem Bruder des berühmten Physikers, verfertiget. Er fand sie einmahl im Göttingischen Zeughause verrostet, und erhielt die Erlaubniß, sie zu sich zu nehmen.

Die Hauksbeesche Luftpumpe ist mit doppelten, vertikal stehenden Cylindern und mit Blasen-Ventilen versehen. Die bezahnten Kolbenstangen werden durch ein Stirnrad, vermittelst einer

Kurbel auf- und niedergewunden. Es soll durch diese Luftpumpe die Arbeit möglichst verkürzt werden. Während mittelst des einen Cylinders die Luft aus dem Recipienten gesogen wird, wird mittelst des anderen die ausgesogene Luft weggeschafft.

Die Leupoldsche unterscheidet sich von derselben nur dadurch, daß die Kolbenstangen an einer Art Wagebalken durch einen doppelarmigten Hebel auf- und niedergedrückt werden.

Nollet's einfache und doppelte Luftpumpe hat die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmahl in die rechte Stellung versetzt. — La Caille hat die erstere unter die Gestirne versetzt. Schade, daß er dazu keine bessere wählte. Aber Nollet war ja sein Landsmann. — S'Gravesands einfache und doppelte Luftpumpen sind im Wesentlichen den Nolletschen ähnlich, nur mehr zusammengesetzt.

Die Geschichte der Luftpumpe bis zur Smeatonschen, findet man im IVten Bande des Karstenschen Lehrbegriffes der gesammten Mathematik.

Endlich kam Smeaton und brachte die Luftpumpe zu einem hohen Grade von Vollkommenheit. Ihrer bediente sich Lichtenberg in seinen Vorlesungen, und sie wurde jedesmahl auseinander gelegt und Stück für Stück erklärt. Sie ist nach den von Nairne und Blunt dabey angebrachten Verbesserungen, nach der Vorrede des Compendiums beschrieben. Auch Leiste zu Wolfenbüttel hat einige Verbesserungen zu dieser Luftpumpe angegeben. Doch die wichtigsten unstreitig haben Hurter und Haaß, jener ein Schweizer, dieser ein Deutscher, angebracht. Auch die Schradersche Luftpumpe — mit metallenen Kugelventilen ist nur eine Vebesserung der Smeatonschen.

Die Cuthbersonsche Luftpumpe

ohne Hähne und Ventile, wie sie ihr Erfinder Johann Cuthberson, ein geschickter englischer Mechaniker zu Amsterdam — nennt, sucht durch Stöpseln, den gewünschten Endzweck einer Luftpumpe zu erreichen. Prof. Succov zu Heidelberg hat davon eine gute Beschreibung geliefert.

In den neuern Zeiten wollte man sich statt des Emboli, des Quecksilbers bedienen. Baader, ein Arzt zu München, hat dieß zuerst angegeben. Es wird (Fig. 9.) bey offnem Hahn a (der, wie bey der Senguerdschen Luftpumpe doppelt durchbohrt ist) und verschlossenem Hahn b, in den Trichter A so lange Quecksilber gegossen, bis sich nach hydrostatischen Grundsätzen, die beyden Röhren und das Gefäß B damit füllt. Nun wird der Hahn a geschlossen, der Hahn b geöffnet; das Quecksilber in dem Gefäße B und in der an demselben befindlichen 32 Zoll langen Röhre fließt zur Oeffnung b so lange heraus, bis es bis d gefallen ist,

wo die Federkraft der verdünnten Luft über d zugleich mit der Quecksilbersäure d e dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält; die in der Glocke C befindliche Luft breitet sich durch die Röhre c in das Gefäß B und die darunter befindliche Röhre aus, — und wird folglich verdünnt. Wird nun das *ausgeflossene Quecksilber*, auf die vorige Art wieder in den Trichter A gegossen, und dieß öfter wiederhohlt: so wird die Luft in der Glocke immer mehr verdünnt oder ausgepumpt. — Weil das beständige Abzapfen und Wiedereingießen des Quecksilbers sehr beschwerlich war: so erfand Baader noch einen Mechanismus, daß man die unter dem Trichter A befindliche Röhre, niederlassen kann, so daß dieselbe in die Lage D zu liegen kömmt.

Hindenbueg brachte bey dieser Baaderschen Luftpumpe eine recht sinnreiche Verbesserung an. Er vertauschte die Röhre unter dem Trichter, mit einer gewöhnlichen

Pumpe. Bey niedergestossenem Stämpel ist der ganze Raum des Gefäßes B, der darunter befindlichen Röhre, und des untern Theils des Cylinders genau mit Quecksilber gefüllt. Wird aber der Stämpel aufgezogen, so sinkt das Quecksilber in dem Gefäße B herab, das Gefäß wird leer, und so die Luft in der Glocke verdünnt.

Die Cazaletsche Luftpumpe ist ganz nach den Grundsätzen der Hindenburgischen eingerichtet, nur daß er sich statt des Quecksilbers des Wassers bedient.

Von den Luftpumpen durch Wasserdämpfe kann erst in dem Abschnitte, von der Wärme, Nachricht gegeben werden. *)

§. 218.

Einrichtung der Luftpumpe.

Ist schon in den beyden vorhergehenden Paragraphen vorgekommen. Ueber die

*) Von den neuern Luftpumpen siehe das Fischer'sche Wörterbuch; Gilbert's Annalen und Busch's Almanach.

neuere Einrichtung der Luftpumpe lese man Lichtenbergs musterhafte Beschreibung der verbesserten Smeaton'schen Luftpumpen, im Erxleben'schen Compendio, nach der Vorrede. — Man muß die Hahnensprache recht wohl verstehen, wenn man mit Luftpumpen umgehen will, die mit Hahnen versehen sind.

Könnten die Stämpel so verfertigt werden, daß zwischen ihnen und den Hahnen keine Luft sitzen bliebe: so verdienten die Luftpumpen mit Hahnen immer den Vorzug. Lichtenbergs Bruder hat eine solche angegeben. Die Ventile werden nähmlich am Ende von der verdünnten Luft nicht mehr gehoben, und dann steht die Verdünnung stille. Zwar ist diesem Gebrechen der Luftpumpen mit Ventilen durch die Verbesserung von Hurter und Haaß abgeholfen worden. Sie haben, jeder auf eine andere Art, ein Pedal am Boden des Stiefels angebracht, mittelst dessen das Bo-

denventil durch Treten geöffnet, und der Luft, so dünn sie auch sey, der freye Durchgang verstattet wird. Allein so sinnreich auch diese Einrichtung ist, so thut sie doch die gehoffte Wirkung nicht, wenn nicht auch, durch die beyden noch übrigen Ventile, der Luft ein eben so freyer Durchgang verschafft wird.

§. 222.

Verdünnung und Verdichtung der Luft durch die Luftpumpe.

Daß die Luft vermittelst der Luftpumpe nie gänzlich aus einem Gefäße weggenommen werden könne, ist mathematisch gewiß. Erxleben irrt indeß, wenn er behauptet: bey einer Höhlung des Cylinders und der Röhre = $\frac{1}{3}$ der Höhlung der Glocke, würde nach 4 Zügen, $\frac{16}{81}$ der ersten Luft unter der Glocke bleiben. Dieß würde der Fall seyn, wenn die Capacität des Cylinders und der Röhre = $\frac{1}{2}$ der Glocke wäre. Es muß heißen $(\frac{3}{4})^4 = \frac{81}{256}$.

Man kann sich seinen Fehler auf folgende Art erläutern. Es sey (Fig. 10.) A + B + C der Raum der Glocke und D der Raum des Stiefels und des Röhrwerks: so ist dieß der Fall, von dem Erxleben eigentlich sprechen will. Aber er nimmt stillschweigend den Fall an, wo B + C den Raum der Glocke und D den Raum des Stiefels und des Röhrwerks vorstellt.

Da nun die Luft nie gänzlich ausgepumpt werden kann: so frägt sich, wie weit man die Verdünnung derselben treiben könne? Man will diese theils durch ein kleines Barometer (§. 223.), das man unter die Glocke setzt, theils durch ein großes (§. 224.), das man außerhalb anzubringen pflegt, bestimmen. Allein wie viel die Luft verdünnet worden sey, zeigen diese Instrumente eigentlich nicht, sondern nur, wie stark das noch übrige Fluidum im Recipienten drückt. Und da die-

ser Druck wieder theils von der Wärme des Ueberbleibsels, theils von der Beschaffenheit desselben abhängt: so sieht man die Unzulänglichkeit der Barometer zu dieser Bestimmung. Es entstehen nähmlich beym Verdünnen der Luft elastische Dämpfe, die ihre Stelle vertreten und auf die Barometer wirken, die daher hier bloße Elasticitätszeiger sind.

Der eigentliche wahre Luftverdünnungsmesser oder Dichtigkeitszeiger bleibt nur die sogenannte Birnprobe. Smeaton ist der Erfinder dieses Instruments und nannte es Pear-gage, von der Aehnlichkeit, die es mit einer Birne hat. Also ja nicht: „Die „Birnprobe ist ein Instrument von Pear „einem Engländer erfunden, und heißt im „Englischen Pear-gage," — wie einer von Lichtenbergs Zuhörern sich merkte. Der deutsche Nahme rührt von Kästner her. Siehe darüber die Lichtenberg. Beschreibung der Smeatonschen Lupftpumpe. — Es er-

eignet sich bey derselben der Fall, daß ein schwereres Fluidum auf ein leichteres gegossen wird.

Daß man mit der neueren Luftpumpe die Luft auch verdichten könne, ist bekannt. Nahmentlich ist dazu die Smeatonsche vortreflich eingerichtet. — Siehe die Beschreibung derselben. — Schraubt man über die Oeffnung des Tellers eine zusammengefaltene Blase, und verdichtet die Luft: so dehnt sich die Blase beym ersten Zuge aus, und zerplatzt bald, mit einem großen Knall. — Auch eine Blase von Federharz, läßt sich auf diese Art ausdehnen, wenn man vorsichtig zu Werke geht.

Nähere Untersuchung der Luft.

§. 225

Die Luft durchdringt nicht alle Körper.

Glas, Metall und nasses Leder permeirt die Luft nicht; wohl aber das Holz

und tausend andere Körper. — Vom Holze hat hierüber schon Guericke die (für ihn) so traurige Erfahrung gemacht, wie wir oben gesehen haben. — Welch eines engen Weges die Luft bedürfe, um in die Körper zu dringen, kann man sich auch durch die Luftpumpe versinnlichen. Man schraube eine messingene Röhre, die sich oben in die engste Oeffnung endet, die eine Röhre nur haben kann, in das Loch des Tellers derselben, stürze eine Glocke darüber und pumpe die Luft aus: die Glocke wird eben so fest auf dem Teller sitzen bleiben, als wenn man ohne Röhre gepumpt hätte.

§. 226.

Druck der Luft durch die Luftpumpe erwiesen.

Lichtenberg stellte folgende Versuche über den Druck der Luft mit der Luftpumpe an.

1. Wird eine Glocke auf den Teller der Luftpumpe gesetzt, und die Luft heraus-

gepumpt: so sitzt sie fest an dem Teller. Der simpelste und zugleich offenbarste Beweis für den Druck der Luft!

2. Wird das sogenannte Daumenglas — ein gläserner, hohler, unten etwas weiterer Cylinder — über das Loch des Tellers der Luftpumpe gesetzt; die obere Oeffnung mit dem Daumen oder der Hand bedeckt; und dann die Luft darunter ausgepumpt: so wird der Daumen oder die Hand so fest an das Glas gezogen, daß man sie nicht wegbringen kann. — Eben so, wenn man statt des Daumenglases einen messingenen hohlen Halbkegel nimmt, und auf denselben einen Apfel und dergleichen etwas scharf einsetzt: so wird der Apfel hinunter gedrückt und zerschnitten.

3. Wird eine lange dicke, oben verschlossene, unten mit Schrauben und Hahn versehene Glasröhre in das Loch des Tellers der Luftpumpe geschraubt, die Luft herausgepumpt; hierauf die Röhre bey ver-

schlossenem Hahne weggenommen, und bey geöffnetem Hahn unter Wasser gehalten: so schießt das Wasser mit Vehemenz hinein. Es wird hier zugleich eine Luft entwickelt, die viel dünner ist, als die atmosphärische.

4. Wenn man eine kleine Glocke in eine große hängt *), beyde auf den Teller der Luftpumpe bringt, die Luft aus ihnen herauspumpt, nun die kleine, außerhalb des Teller-Loches niederdrückt, jetzt die Luft zuläßt und die große Glocke wegnimmt: so bleibt die kleine fest an dem Teller sitzen. Will man sie wieder los haben, so muß die große darüber gesetzt, die Luft ausgepumpt

*) Zu dem Ende ist an die größere Glocke oben eine messingene Haube festgeküttet, durch welche ein messingener, mit einem Hacken versehener Drath, luftdicht in die Glocke hineingeht. An diesem Hacken hängt die kleine Glocke, an welche oben ein Ring festgeküttet ist; und mittelst dieses Hackens kann man dieselbe niederdrücken oder in die Höhe ziehen.

und dann die kleine Glocke in die Höhe gezogen werden. Ein wo möglich noch eclatanterer Beweis für den Druck der Luft.

5. Man setze von einer gekrümmten Röhre A (Fig. 11.) den einen Schenkel B in ein Gläschen C welches bis m mit gefärbtem Wasser *) gefüllt, und an der Oeffnung n luftdicht verküttet ist, so daß die über m auf dem Wasser befindliche Luft eingeschlossen bleibt. Den andern Schenkel D setze man in ein gegenüber stehendes Gläschen E, welches nichts als Luft enthält, und die Öffnung o um den Schenkel herum frey hat. Stürzt man nun über dieß System eine Glocke, bringt dieselbe auf den Teller der Luftpumpe und fängt zu pumpen an; was wird geschehen? die Luft wird aus dem Gläschen E und aus der Röhre A weggepumpt, und wie dieß erfolgt, fängt

*) Gefärbt darum, um den Versuch besser sehen zu können.

die wenige im Gläschen C eingeschlossene Luft sich auszudehnen an. Sie kann ja nun frey auf das Wasser wirken, auf das nicht mehr durch die Luft in der Röhre entgegen gedrückt wird. Das Wasser steigt also aus dem Gläschen C, mittelst der Röhre A, so lange in das Gläschen E hinüber, bis es zu Ende ist. Nun ist die Luft, welche vorher im Gläschen C blos in dem Raume über m zusammengepreßt war, im ganzen Gläschen und in der Röhre A ausgedehnt. Entwischen konnte keine, oder doch nicht merklich viel, weil zwischen beyden Schenkeln der Röhre und dem Boden beyder Gläschen nur ein sehr enger Raum statt findet, der sich früher von selbst mit Wasser verschließt, als Luft zudringen kann. — Sobald man nun aber die Luft wieder in die Glocke zuläßt: so fährt sie auch ins Gläschen E und jagt das Wasser wieder in das Gläschen C zurück. Denn weil die Luft in diesem Gläschen und in der Röhre A sehr ausgedehnet

ist: so vermag sie dem Druck der eindringenden dichteren Luft nicht zu widerstehen und muß sich also wieder in ihren alten engeren Raum über m zusammenziehen. — Es ist dieß auch zugleich ein sehr schöner Beweis für die Elastizität der Luft.

6. Es gehe durch die Haubenöffnung einer Glocke, luftdicht eine gläserne, oben verschlossene, unten offne Röhre; man bringe Glocke und Röhre auf den Teller der Luftpumpe und setze unter die Röhre ein Gefäß mit Quecksilber, aber so, daß die Röhre dasselbe nicht erreiche. Nun pumpe man aus dem ganzen Systeme die Luft tüchtig heraus, und schiebe, wenn es geschehen, die Röhre in das Quecksilber hinein. So lange das System luftleer bleibt, dringt kein Quecksilber in die Röhre. Was sollte es denn hinauf drücken, es ist ja keine Luft da! Sobald hingegen dieselbe wieder zugelassen wird, so drückt sie auf das Quecksilber; in der Röhre ist keine Luft, die diesem Drucke wi-

verstehen könnte; folglich wird das Quecksilber in die Röhre hinaufgetrieben. Und dieß ist wohl der überführendste Beweis, daß das Steigen des Quecksilbers in Barometerröhren nur vom Druck der Luft herrühren könne. Freylich könnte man dasselbe, bey diesem Versuche, nicht auf 28 Zoll hinauf treiben. Aber man muß auch nie vergessen, daß man die Luft nie ganz wegpumpen könne. — Wird die Luft wieder weggenommen, so fällt das Quecksilber aufs neue herunter. Jetzt muß man die Röhre hinauf ziehen. Würde man es vorher thun, so lange noch die Luft da ist, so könnte das schwer herausplatzende Quecksilber die Glocke zerschmettern.

7. Unter einer mit einer messingenen Haube versehenen Glocke A (Fig. 12.) befinde sich das Gefäß B bis m mit Quecksilber gefüllt; es werde eine gläserne, unten und oben ebenfalls mit einer Haube versehenen Röhre C an die Glocke bey D festge-

schraubt; durch diese Röhre gehen von oben an, eine andere engere, unten und oben offene, Röhre E bis in das Quecksilber hinab; und an das obere Ende F der weitern Röhre, sey eine Spritze G festgeschraubt. Wird nun die Luft aus dem ganzen System weggepumpt, so mag man hundert Mahl den Embolus der Spritze hin und her ziehen, es wird kein Quecksilber nachfolgen, weil es ja durch nichts gedrückt wird. Aber so bald wieder Luft zugelassen wird, geht das Saugwerk wie gewöhnlich von statten — zum deutlichen Beweis, daß auch das Saugen nicht ohne Druck der Luft geschehen könne.

8. Zu sehen, um wie viel mehr die Luft unter der Luftpumpe verdünnt werde, als es in der Natur jemahls geschieht: steckt man in ein, zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Gläschen, ein oben verschlossenes, ebenfalls mit Quecksilber gefülltes, ungefähr 3 Zoll hohes Glasröhrchen. Natürlich wird

das Quecksilber aus dem Röhrchen nicht heraus fließen. Dieß Röhrchen kann man nur für ein äußerst tief gefallenes Barometer halten, so wie es in der Natur niemahls fällt. Stürzt man nun aber eine Glocke über das Glas, und pumpt die Luft weg, so sinkt das Quecksilber aus dem Röhrchen alsobald zu dem übrigen im Glase herab. Der Druck der Luft ist hier nicht vermögend, das Quecksilber nur 3 Zoll hoch zu erhalten, da er es doch in der freyen Natur 28 Zoll hoch erhält. — Was übrigens aus diesem Versuche auf die eigentliche Verdünnung der Luft unter der Glocke zu schließen sey, ist oben (§. 222.) vorgekommen.

9. Für den Versuch, daß im luftleeren Raume alle Körper gleich schwer sind, hatte Lichtenberg einen großen Glascylinder von ungefähr 4 Zoll im Durchmesser und 2½ Schuh Höhe. Auf diesen Cylinder paßt oben ein messingener Deckel genau an. An der untern Fläche

des Deckels sind 4 oblonge Klappen angebracht, die sich in eine Spitze enden und mittelst folgender Schraubeneinrichtung, entweder dem Deckel gleichlaufend, oder an demselben herabhängend erhalten werden können. Durch den Mittelpunkt des Deckels geht nähmlich in einer Schraubenmutter, luftdicht eine Schraube, an deren äußerstem Ende eine runde mit einem Ausschnitte versehene Platte befestiget ist. Auf dieser Platte ruhen die Spitzen der Klappen, wenn man sie in horizontaler Lage haben will. Dreht man aber die Schraube herum, so kömmt eine Spitze nach der andern auf den Ausschnitt der Platte zu liegen und weil sie hier keine Unterstützung findet, fällt die Klappe hinab. — Auf jede der Klappen legt man in ihrer horizontalen Lage, einen Louisd'or und auf den Louisd'or das oberste Ende eines ungeschlißenen Federspuls; bringt den Deckel so bewaffnet auf den Cylinder, der schon auf der Luft-

pumpe steht, drückt ihn fest an, und pumpt tüchtig eine Weile fort. Jetzt wird die Deckelschraube herumgedräht; so wie der Ausschnitt des Schraubentellerchens an eine Klappenspitze kömmt, läßt es die Klappe entschlüpfen, und Louisd'or und Feder fallen nicht nur mit gleicher Geschwindigkeit auf den Teller der Luftpumpe herab, sondern die Feder hüpft auch eben so hoch vom Boden in die Höhe, als der Louisd'or.

§. 227.

Stärke des Druckes der Luft, durch die Luftpumpe bestätiget.

Wird über ein weites, oben und unten offnes Glas, eine Blase so fest gebunden, daß keine Luft durchdringen kann; wird hierauf das Glas auf den Teller der Luftpumpe gebracht, und die Luft weggepumpt: so verwandelt sich die ebene Fläche der Blase in eine konkave und platzt endlich mit gro-

ßem Knall, wenn sie nicht allzustark ist. Sollte dieß der Fall seyn, und man wollte sie ja platzen sehen: so darf man nur ein wenig mit dem Finger nachhelfen, und mit demselben auf die Blase stossen. — Eben so zerplatzt eine eckichte Flasche sogleich beym zweyten Zuge, wenn man sie mit der Mündung auf die Luftpumpe schraubt, und die Luft herauszieht. — Damit das Glas nicht umher spritze, wird über die Flasche eine Glocke gestürzt, und damit die Glocke nicht zersprengt werde, wird über die Flasche ein Drathnetz gehangen. — Daß die Glocken, deren man sich bey der Luftpumpe bedient, nicht platzen, rührt daher, weil sie rund und gewölbförmig sind. Ein Gewölbe stürzt aber deßwegen nicht ein, weil Alles zugleich fallen will.

§. 228.

Magdeburgische Halbkugeln.

Noch weit eclatanter wird die Stärke des Druckes der Luft mittelst der Luftpum-

ye durch folgenden Versuch bestätiget. Man setze zwey, genau übereinander passende, messingene, hohle Halbkugeln zusammen, schraube sie in die Oeffnung des Tellers der Luftpumpe ein, pumpe die Luft heraus, drähe den über der Schraube angebrachten Hahn zu, daß keine Luft in die Kugeln dringen könne, nehme sie von dem Teller weg, schraube dann an die eine einen solchen Ring an, wie sich schon an der andern befindet, und versuche nun, beyde Kugeln von einander zu bringen: man wird es durchaus nicht im Stande seyn. — Bey der Dimension der Kugeln, mit welchen Lichtenberg diesen Versuch anstellte, — sie hatten 5 rheinländ. Zoll im Durchmesser — würde eine Kraft von 372 Pfund erforderlich gewesen seyn, um sie, wenn sie z. B. an einer Mauer befestiget gewesen wären, von einander zu reissen.

Otto von Guericke stellte diesen Versuch mit seinen so berühmten Magdeburgischen Halbkugeln, auf dem Reichstag

zu Regensburg, im Jahr 1654 vor dem Kaiser Ferdinand III. an. Es machte damahls eben so viel Aufsehen, als in unsern Tagen die Luftschifferey. Seine Kugeln hatten 0,95 magdeburgische Ellen = 1,732 Pariser Fuß = 250 Pariser Linien, im Durchmesser. Die Thesis war: es könnten 30 Pferde, zwey Halbkugeln *nicht auseinander* reissen, die er doch auseinander blasen wolle. In seinen Experimentis novis Magdeburgicis ist der ganze Versuch, wie er ihn vor dem Kaiser anstellte, abgebildet.

§. 229.

Das Gewicht eines gewissen Raumes voll Luft zu finden.

Das Gewicht eines gewissen Raumes voll Luft zu finden, ist unendlich schwer und noch bis diese Stunde nicht genau bestimmt.

In Schweins- oder Rindsblasen, die man zuerst luftleer machen, und

dann mit Luft aufgeblasen, wiegen wollte, kann man die Luft nicht gut abwägen. Sie sind sehr klein; wenn daher ein Fehler begangen wird, so wird er erstaunlich vermehrt. Die Luft läßt sich auch aus denselben schwer wegnehmen. Und man weiß ja gar nicht, wie weit sie sich auftreiben lassen.

Deßhalb hat man eine andere Einrichtung ausfindig gemacht. Man nimmt ein bouteillenförmiges Glas, das vermittelst eines Hahnes genau verschlossen und an die Luftpumpe geschraubt werden kann. Dieses Glas setzt man, auf einer genauen Wage mit einem gewissen Gewichte ins Gleichgewicht, bringt es dann auf die Luftpumpe und pumpt die Luft, soviel als möglich heraus. Nun hängt man es wieder auf die Wage, wiegt es genau ab, und erhält also das Verlangte. Aber man muß ja nicht vergessen, daß man hiedurch nur eigentlich das erfährt: Wie viel die Luft wiegt, die man weggenommen hat; weiter

nichts; denn man kann ja nur die Luft verdünnen, aber nicht gänzlich herausnehmen. Man muß also immer auch die zurückgebliebene in Anschlag bringen, und dazu dient folgendes Verfahren. Man bringt das Glas unter Wasser, das man so luftleer als möglich gemacht hat, öffnet den Hahn, und nun strömt das Wasser hinein und füllt den ganzen luftleeren Raum aus. Was nun von Luft in dem Glase übrig bleibt, tritt, wenn man dasselbe umdräht, in den Hals des Glases und kann entweder hier, wenn er dazu eingerichtet ist, oder in ein anderes dazu eingerichtetes Gefäß mit Wasser geleitet und daselbst gemessen werden. Der Raum dieser Luft von dem obigen abgezogen, gibt zum Reste den Raum der Luft, welchen man wirklich gewogen hat. — So weiß man also genau, wie viel ein gewisser Raum voll Luft wiegt. Allein freylich ist auch dieses Verfahren manchen nothwendigen Irrungen unterworfen, und es treten dabey Schwie-

rigkeiten ein, die hier noch nicht einmahl verständlich gemacht werden können, nähmlich wegen des Gewichtes, des in dem ausgepumpten Glase befindlichen Dampfes. — Nach dieser Methode hat der Engländer Sir Charles Schuckburgh, die Luft wirklich gewogen, und aus seinen Resultaten weiß man erst genau das eigene und specifische Gewicht derselben. Er gibt das Gewicht von 100 Kubikzoll Luft bey Barometerhöhe zwischen 29,5 und 30 englische Zoll und Thermometerstand zwischen 50 und 60 Gran Fahrenheit zu 31,0197 Gran an. Eben so viel destillirtes Wasser wog bey der nähmlichen Barometerhöhe und Thermometerstande 25318 Gran. Das specifische Gewicht des Wassers verhält sich also zum spezifischen Gewicht der Luft wie 25318 : 31,0197; also wie 816 : 1, oder die Luft ist 816 Mahl leichter als das Wasser *).

*) Gren (Grundr. der Naturl. §. 807.) fand

Ein anders, schönes Verfahren, das Gewicht der Luft zu bestimmen, zeigt die Höhenmessung mit dem Barometer. Weiß man nähmlich genau das spezifische Gewicht des Quecksilbers und der Höhe einer Luftrevier: so kann man daraus auch das Gewicht der Luft für diese Höhe finden. — Indeß dieß läßt sich freylich hier nur anzeigen aber noch nicht erklären. Vorläufig kann man sich merken, daß das Quecksilber

bey einer Temperatur von 65° Fahrenheit und Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien und bey nicht sehr feuchter Luft, das Gewicht einer Luftkugel von 119 1/2 rheinl. Dezimalkubikzoll, 73 1/2 Gran Medizinalgewicht und berechnet daraus, daß ein rheinl. Dezimalkubikzoll Luft 147/239 oder 0,615 Gran in Medizinalgewicht wiege; — daß, da ein Dezimalkubikzoll Wasser bey obiger Temperatur 492,229 Gran wiegt, sich das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu dem der Luft, wie 492,229 : 615 oder nahe, wie 800 : 1 verhalte; und daß, wenn man das eigenthümliche Gewicht des Wassers zur Einheit annimmt, das der Luft = 0,00125 sey.

auf 72 Fuß schon um eine Linie fällt, und daß man recht gut noch 16 Theile einer Linie bey dem Barometer beobachten könne.

§. 230.

Elastizität der Luft durch die Luftpumpe erwiesen.

Die Luftpumpe setzt die Elasticität der Luft gewissermassen schon voraus. Jedoch läßt sich dieselbe damit auch durch unzählige Versuche beweisen. Der bekannteste ist mit einer fest zugebundenen und so zusammengefalteten Blase, daß nur wenig Luft darinn enthalten seyn kann. Legt man sie nähmlich unter die Glocke einer Luftpumpe und pumpt die Luft weg, so schwillt sie bey jedem Zuge immer stärker auf, und bekömmt das Ansehen, als ob sie aufgeblasen worden wäre. So wie aber Luft zugelassen wird, sinkt sie wieder zusammen.

Dieser simple Versuch wird auf verschiedene Art variirt. Eine Variation davon ist folgende: In eine messingene Büchse lege man eine fest verbundene, aber zusammen gedrückte Blase, bringe sie unter die Glocke einer Luftpumpe, und beschwere den Deckel derselben mit einigen Bleyplatten. Wird nun die Luft aus der Glocke gepumpt, so dehnt sich die wenige in der Blase befindliche Luft so aus, daß sie den Deckel der Büchse mit den Gewichten in die Höhe treibt. Damit diese nicht herab fallen, und etwa die Glocke zerschmettern, geht vom Deckel der Büchse ein Stäbchen aufwärts, an welches die durchbohrten Platten gesteckt werden, und diesem Stäbchen begegnet ein anderes, von dem Gewölbe der Glocke herab.

Eine andere Variation des obigen Versuches, ist die mit dem sogenannten Lungenglase, das seinen Nahmen von dem berühmten Streite hat, der zwischen Hal-

ler und Hamberger darüber geführt wurde, ob zwischen der Lunge und der Pleura sich Luft befinde, und wie die Thiere sterben, wenn ihnen die Luft entzogen wird. Es besteht aus einem hohlen Kugelglase, das oben eine Oeffnung hat. (S. Fig. 13.) In diesem Glase ist eine ausgedehnte Blase, die mit dem Rande ihrer Oeffnung über die Oeffnung des Glases gespannt ist. Sie ist so ausgedehnt, daß zwischen ihr und der inneren Fläche des Glases nur wenig Luft seyn kann. Die äußere Luft hat mit der Luft der Blase Verbindung, die Luft aber zwischen der Blase und der inneren Fläche des Glases ist verschlossen. Die Blase stellt die Lunge, das Glas die Brusthöhle vor. — Stellt man nun dasselbe unter die Glocke der Luftpumpe und pumpt die Luft heraus, so preßt die verschlossene Zwischenluft, die sich nun ausdehnt, die Blase bald zusammen. Nun glaubte man vorher, die Lunge derjenigen Thiere, die unter der Luft-

pumpe sterben, werde von der Luft der Brusthöhle eben so zusammengepreßt, wie hier die Blase von der Zwischenluft, und das verursachte ihren Tod. Allein dieß ist nicht der Fall. Die Ursache ihres Todes ist vielmehr die, daß die Luft, von der sie allein leben können, nicht erneuert wird. *) — Läßt man wieder Luft zu, so dehnt sich die Blase von neuem aus.

---

*) Das Nähmliche behauptete Lichtenberg schon in seinem Taschenbuche für das Jahr 1781. — „Dr. Frank in — heißt es daselbst S. 97. — hat schon angemerkt, daß sich aus dem bekannten Versuche mit der Luftpumpe, da man eine Glocke, von der man die Luft ausgepumpt, nicht mehr klingeln hört, zu übereilt geschlossen wird, daß die Luft die einzige Ursache der Fortpflanzung des Schalles sey. Eben so kann man sagen, daß man übereilt schließt, wenn man glaubt, Thiere könnten in dem Guerikischen Vakuo nicht lange leben, weil sie unter der ausgeleerten Glocke sterben. Bekanntlich sterben Thiere auch, wenn man sie eine Zeitlang unter die unausgepumpte Glocke sperrt. Dieses muß sich

Eben so zeigt sich die ausdehnende Gewalt der Luft bey folgendem Versuche. Man stecke in ein kleines gläsernes Gefäß, das zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist, eine Barometerröhre, die oben und unten offen ist, und verkütte die übrig bleibende Oeffnung des Gefäßes recht wohl. Bringt man nun dieses Gefäß unter eine Glocke, die so eingerichtet ist, daß durch die Haubenöffnung derselben, eine oben verschlossene Glasröhre geht, mit welcher, die durch eben jene Oeffnung gesteckte Barometerröhre bedeckt wird — und pumpt die Luft hinweg, so treibt

---

in einer sehr verdünnten Luft um so schneller ereignen, je geringer der Vorrath ist, und der also mit einem einzigen Hauch bis zur Tödtlichkeit verdorben werden kann. Um diesen Versuch überzeugend zu machen, müßte entweder der ausgeleerte Raum sehr groß seyn, oder man müßte Mittel finden, den noch übrigen geringen Vorrath immer zu erneuern, ohne ihn zu vergrößern."

die wenige, in dem Gefäße verschlossene Luft, das Quecksilber in diese Röhre hinauf.

Schraubt man eine eckichte, mit Luft gefüllte und wohl verschlossene Flasche, auf die Luftpumpe, stürzt eine Glocke darüber und pumpt die Luft aus dieser weg: so wird sich die in der Flasche verschlossene Luft, vermöge ihrer Elasticität ausdehnen, und dieselbe zersprengen. Man muß hierbey wieder die oben (§. 227.) angegebene Vorsicht gebrauchen.

§. 231.

H•ronsball (Pila Heronis).

Der sprechendste Beweis für die Elasticität der Luft ist der Heronsball. — Wird derselbe unter eine Glocke gestellt, und die Luft um ihn herum weggenommen: so drückt die in demselben verschlossene Luft, die sich nun ausdehnt, das Wasser eben so gut in die Höhe, als wenn man zu viel Luft hin-

ein geblasen hätte. — Er wird in ein Glas-behältniß gestellt und dann darüber die Glocke gesetzt, damit das herausspritzende Wasser nicht in die Luftpumpe dringen könne.

§. 232.

Luft in flüßigen Körpern.

Versuche hierüber mit gewöhnlichem Wasser, mit Selzer-Wasser und mit Braunschweiger Mumme. Alles geräth sogleich in Wallung und Aufschäumung, wodurch sich die fixe Luft entwickelt, die in diesen Flüssigkeiten enthalten ist. Durch langes Pumpen würden sie ganz verschwinden. Aber daß man ja nicht glaube, sie beständen ganz aus Luft. Nein! sie würden in Dämpfen fortgehen; denn das Selzer-Wasser bekömmt einen elenden, faden Geschmack, wenn es von der Luftsäure befreyt wird und fängt beym ersten Stämpelzug zu sieden an. Das nähmliche geschähe nun auch

beym Champagner. Man sieht also, daß es nicht gut ist, wenn Champagnerbouteillen lange Korkstöpsel haben. Denn indem man sie herauszieht, entsteht eine kleine Luftpumpe, und so würde man dem Champagner seine Luftsäure rauben. — Das Nähmliche würde auch mit der Milch geschehen.

§. 233.

Luft in festen Körpern.

Versuche hierüber mit Kork, mit Eyern, und mit einer runzlichten Birne. — Wenn ein Drittel Pfund Kork mit einem Pfund Bley beschweret und in Wasser gelegt wird: so schwimmt das Bley. (Siehe 1ter Thl. S. 451). Wird nun aber alles unter die Glocke gebracht, und die Luft weggepumpt, so sinkt das Bley zu Boden; wird die Luft hinzugelassen, so kömmt es wieder in die Höhe. Die Luft dehnt nähmlich den Kork aus; er bekömmt bey gleichem Ge-

wicht ein grösseres Volumen. Freylich helfen auch die kleinen Mongolfiere, die sich darüber hersetzen.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß die Eyer an dem spitzigen Ende kälter sind, als an dem stumpfen; nähmlich unserer Empfindung nach. Wir nennen diejenigen Körper kalt, die uns die Wärme sehr schnell entziehen. Wenn man im Winter mit nacktem Fuß auf einen polirten Nagel tritt, so ist das eine gar fatale Empfindung; liegt daneben eine Baumwolle, so scheint sie uns warm zu seyn. Aber das rühret daher: der Nagel ist ein guter, und die Baumwolle ein schlechter Leiter der Wärme. Eben darum finden wir ein Zimmer so warm, wenn wir aus kalter Luft in dasselbe kommen, und diese Luft so kalt, wenn wir aus dem warmen Zimmer uns in dieselbe begeben; oder dünken uns die Keller im Sommer so kalt, und im Sommer so warm zu seyn; denn unser Körper ist ein sehr schlechtes Thermo-

meter. Nur die erwähnte Erfahrung bey den Eyern hat auch hierinn ihren Grund. Es liegt nähmlich an dem stumpfen Ende derselben ein kleines Häutchen mit Luft gefüllt; also eine kleine Luftblase, die eine schlechte Leiterinn der Wärme ist; an dem spitzen Ende aber liegt das Häutchen ganz an. Macht man nun in das spitze Ende ein kleines Loch, hängt das Ey bey dem stumpfen, mittelst einer Schlinge, unter einer Glocke an dieselbe auf, und pumpt die Luft aus dieser weg: so wird die Luft in der eben erwähnten Blase so ausgedehnt, daß sie die ganze Wirthschaft des Eyes — Eyweiß und Dotter — zur kleinen Oeffnung heraustreibt. Wird hingegen wieder Luft zugelassen, so kehrt Alles zurück. — Befreyet man das Ey, entweder auf diese oder auf eine andere Art von seinem Inhalte, schneidet hierauf das spitze Ende der Schale mit einer scharfen Scheere rund herum gleich ab, und bringt nun dieselbe unter die Glocke, daß das ab-

geschnittene Ende in die Höhe gekehrt ist: so dehnt sich, bey weggepumpter Luft, die erwähnte Luftblase so aus, daß sie das ganze Ey wieder herzustellen scheint.

Wird eine runzlichte Birn — es geht diesen Früchten, wie den Menschen-Gesichtern — unter die Glocke gebracht, und die Luft weggepumpt, so verliert sie alle Falten, weil die darinn befindliche Luft sich ausdehnt. Wie manche Dame würde diesen Versuch auch an sich anstellen lassen!

§. 236.

Verschiedene Luftarten.

Man nennt die künstlichen Luftarten Gaz oder Gas, welches mit unserem Gäsch oder Geist Zusammenhang hat. Die Lehre von derselben sollte eigentlich erst nach der Lehre vom Feuer abgehandelt werden. Ihr imponderabler Theil ist sicherlich und nach allen Sekten Feuermaterie, und nur

der ponderable besteht aus mehreren andern Materien. Man versteht darunter jede völlig unsichtbare, für sich permanente, wäg- und in Gefäße einschließbare Flüssigkeit. Sie werden durch die Wärme beträchtlich ausgedehnt, und durch die Kälte zusammengezogen, ohne jedoch durch letztere je, weder in einen festen, noch in einen tropfbar-flüssigen Körper verwandelt zu werden. Auch können sie nie durch irgend einen Druck zersetzt werden. Und durch dieß alles unterscheiden sie sich deutlich genug, von den tropfbaren Fluidis, von dem Wärmestoff, von der elektrischen und magnetischen Materie, von dem Lichte, und besonders von den Dämpfen und Dünsten, mit welchen man sie so häufig verwechselt. — Die Dämpfe nähmlich, die man nach Volta, Halbluftarten nennen kann, werden durch den Druck zersetzt, und wenn ihnen die Wärme, der sie ihre Flüssigkeit zu danken hatten,

entzogen wird, fallen sie entweder in Tropfen nieder, oder hängen sich als ein mehllichtes Pulver an. — Die Luft hingegen ist ein permanent gewordener Dampf. — Wärmestoff, elektrische, magnetische Materie und Licht, können weder gewogen, noch in Gläser eingeschlossen werden.

Von diesen merkwürdigen permanentelastischen Fluidis haben unsere ehrlichen Alten sehr wenig gewußt. Der erste, bey dem so etwas vorkömmt, ist Theophrastus Paracelsus. Sein ganzer Nahme ist: Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bombastus ab Hohenstein. Ein gar sonderbarer Held! Er wurde bey Zürich im Jahre 1493 geboren, und war ein chemischer, medizinischer und theologischer Schwärmer. Wirklich alles Mögliche! Er glaubte ein Elixier erfunden zu haben, mit welchem er sein Leben auf 200 Jahre verlängern könnte, und nannte es Elexier proprietatis. Allein es hat ihm zu nichts geholfen;

er starb schon in seinem 48 Jahre, im Jahr 1541. Uebrigens war er doch ein großer Kopf, und machte bey den Luftarten viele wichtige Entdeckungen.

Sein sogenannter Schüler Johann Baptist van Helmont, war in Punkto des Schwärmens um kein Haar besser. Er wurde zu Brüssel im Jahr 1577 geboren, nnd schon in seinem 17ten Jahre Professor der Chirurgie, wiewohl er hernach selbst gestand, daß er damahls noch kein Wort von der Chirurgie verstanden habe. Er verwandte sich hernach auf die Medizin und dann auf die Chemie. Er war, wie gesagt, eben so ein Schwärmer, als Theophrast. So hielt er sich, z. B. für den einzigen von Gott eingesetzten Doktor. Indessen machte auch er verschiedene Entdeckungen, schrieb vieles und starb im Jahre 1664. Von ihm rührt der Nahme Gas her.

Endlich kam Robert Boyle (S. 1. B. §. 23.) und that schon mehr. Doch

weit mehr noch that Hales, und noch weit mehr Priestley. Letzterer entdeckte am 1ten August 1774. die dephlogistisierte Luft, und dieser Tag wird der Geburtstag der französischen oder antiphlogistischen Chemie genannt.

Die Eintheilung aller bis jetzt bekannten Luftarten, übersieht man am besten in folgender Tabelle:

Luftarten

Einathembare (respirable)	Mephitische (irrespirable)			
	Entzündbare.		Nicht entzündbare.	
	Mit Wasser vermischbare.	Mit Wasser nicht vermischbare.	Mit Wasser vermischbare.	Mit Wasser nicht vermischbare.
1. Sauerstoffgas (G. oxygène)	3. Schwefelwasserstoffgas (G. hydrogène sulphuré).	5. Wasserstoffgas. (G. hydrogène.	8. Kohlenstoffsaures Gas. (G. acide carbonique).	15. Stickstoffgas. (G. azotique)
2. Atmosphärische Luft.	4. Ammoniakgas. (G. ammoniac).	6. Kohlenwasserstoffgas (G. hydrogène carboné).	9. Salzsaures Gas. G. acide).	16. Salpetergas. (G. nitreux).
		7. Phosphorwasserstoffgas (G. hydrogène phosphoré).	10. Uebersaures salzsaures Gas. (G. acide muriatique oxygéné.	
			11. Schwefelsaures Gas (G. acide sulphureux).	

12. Flußspathsaures Gas. (G. acide fluorique).
13. Phosphorsaures Gas. (G. acide phosphoreux).
14. Oxydirtes Stickstoffgas. (Oxyde d'azote gazeux).

Man hat diesen Luftarten erstaunlich viele Nahmen gegeben. Das Sauerstoffgas, oder die dephlogistisirte Luft — wie es Lichtenberg immer aus langer Angewöhnung nannte — hat allein dreyzehn Nahmen. Hier kömmt nun wieder die Terminologie der französischen Chemiker recht wohl zu statten. Ohne sie müßte man immer ein kleines Lexikon zur Hand haben. Welches Nahmens sich auch immer ein Schriftsteller für eine Luftart bediene: so setzt er auch den französischen hinzu; und da ist man sogleich im Reinen. — In der deutschen Sprache, fangen die in der Tabelle angeführten Benennungen an, die gangbaresten zu werden: nur daß noch häufig für Sauerstoffgas dephlogistisirte Luft; für Schwefel-Wasserstoffgas, hepatische Luft; für Wasserstoffgas, inflammable Luft; für Kohlenstoffsaures Gas, fixe Luft, und für Stickstoffgas, phlogistisirte Luft vorkommt.

Wie wichtig eine nähere Untersuchung dieser Luftarten sey, ist wohl kaum nöthig anzuführen. — „Durch sie — sagt Lichtenberg im Erxlebenschen Compendio — haben wir erst unsere eigene Luft recht kennen gelernt, ganz neue Aufschlüsse über die Natur des Feuers bekommen, neue Verhältnisse der Thiere und Pflanzen gegen einander entdeckt, neue und sehr einfache Wege gefunden, die feurigen Erscheinungen in der Natur zu erklären, des Lichts nicht zu gedenken, das durch sie unsere Kenntniß der Körper überhaupt erhalten hat, da wir nun sehen, wie durch eine ganz leichte Operation feste Körper in für sich permanente, elastische Flüssigkeiten, und umgekehrt, elastische, für sich permanente Flüssigkeiten in feste Körper verwandelt werden können, ein Prozeß, wovon wahrscheinlich die Natur sehr häufig in ihrer Haushaltung Gebrauch macht. Man ist durch sie der Kenntniß der

eigentlichen Ursache der Brennbarkeit um ein merkliches näher gekommen; auf ihre verschiedenen spezifischen Schweren sowohl, als Elastizitäten, gründen sich Maschienen, mit denen man die Luft beschifft hat u. s. w."

Ehe man zur nähern Untersuchung dieser Luftarten übergeht, muß man sich mit dem Manövre bekannt machen, dessen man sich beym Umgießen derselben bedient. — In einem Glase ist atmosphärische Luft. Will man Wasser hineingießen, so verfährt man auf die bekannte Art. Man darf nicht dafür sorgen, daß das Glas vorher von der atmosphärischen Luft leer gemacht werde, um dem Wasser Platz zu machen; denn die Luft, weil sie 800 Mahl leichter ist, als das Wasser, strömt von sich selbst über, sobald dieses in das Glas gegossen wird. — So ist es schon nicht, wenn man in ein mit Wasser gefülltes Glas, Wein gießen will;

da muß man vorher das Glas von dem Wasser leer machen. — Das nähmliche findet nun auch statt, wenn man in ein Glas, das voll atmosphärischer Luft ist, eine andere Luftart gießen will. Das Glas muß vorher von der atmosphärischen Luft leer gemacht werden. Dieß geschieht nun auf eine ganz sonderbare Weise. Um die atmosphärische Luft heraus zu bringen, muß man das Glas mit Wasser füllen. Jetzt ist das Glas leer. Nun wird die Bouteille mit der Luftart, welche man in dasselbe bringen will, darunter gehalten. So steigt denn die Luft in die Höhe, weil sie leichter als das Wasser ist, und treibt immer so viel Wasser aus demselben, bis es endlich ganz damit gefüllt ist. — Dieß alles geschieht nun vor der Priestleyschen Tonne deren Einrichtung kurz folgende ist.

Das Gefäß AB (Fig. 14.) ist bis CD mit Wasser gefüllt. Unter dem Wasser ist an demselben ein dickes Brett E angebracht.

welches unten einen trichterförmigen Einschnitt F hat, und durchlöchert ist. Ueber die Oeffnung bey G wird nun die Glocke H, die mit Wasser gefüllt ist, und in welche die Luftart hineingebracht werden soll, gestürzt. Unter dem Trichter F bringt man das Glas I an, das mit der Luftart voll ist, und aus welchem dieselbe in die Glocke H gebracht werden soll. Sobald dieß nun geschieht, perlt die Luft heraus und in die Höhe, in die Glocke H, aus welcher sie eben so viel Wasser verdrängt, das zur Oeffnung G in die Tonne herabfließt.

Es folgen nun die einzelnen Luftarten in der Ordnung, in welcher sie in der obigen Tabelle angeführt sind.

1. Sauerstoffgas, (Gaz oxygène.)

Wird am wohlfeilsten erhalten, aus dem bey starkem Feuer geschmolzenen Salpeter, und dem krystallinischen Braun-

stein. — Fontana hat aus einem Kubikzoll Salpeter 800 Kubikzoll Luft erhalten. Die größte Menge, die Priestley erhalten hat, war: 1200 Unzenmaaße aus 2 Unzen Salpeter d. i. 134 Göttingische Quartierbouteillen aus ¼ Pfund. Das Sonderbare ist noch, daß jemehr man erhält, desto besser die Luft wird. — Die Pflanzen, aus welchen man diese Luft erhalten kann, sind größtentheils ausländische z. B. Agave americana, Cactus triangularis, Cactus peruvianus, und Cactus caeruleus. Man verfährt dabey so: man bringt diese Pflanzen in eine Glocke, füllt dieselbe mit Wasser, stürzt sie auf einen Teller, auf welchem natürlich auch etwas Wasser seyn muß, und setzt nun alles dem Sonnenlichte aus. Die Wirkung rührt schlechterdings, nicht von der Sonnenwärme, sondern von dem Sonnenlichte her — ein Umstand, den man sich recht gut merken muß, weil er zu den Beweisen für die Körperlichkeit des Lichtes

gehört. Graf Rumford hat den Versuch auch bey brennenden Kerzen gemacht. Ingenhouß hat zwar widersprochen; allein Rumford ist ein viel zu akurater Beobachter, als daß man ihm nicht trauen sollte — Uebrigens kann man das Sauerstoffgas auch aus unserm Kohl erhalten; vorzüglich auch von der Conferva rivularis und von der gemeinen Hauswurz.

Das Sauerstoffgas zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

1. Es ist schwerer, als die atmosphärische Luft. Das specifische Gewicht desselben, verhält sich zu dieser, wie 1103 : 1000 und ein Kubikzoll davon wiegt 0,50694 eines Grans.

2. Es besitzt weder Geruch, noch Geschmack, noch saure Eigenschaften.

3. Es verursacht, durch den Beytritt seines Grundstoffs, des Oxygens, während der Verkalkung der Metalle, das grö[illegible] absolute Gewicht derselben.

4. Es befördert das Brennen und Verbrennen der Körper auf das lebhafteste. — Wird über eine brennende Kerze ein mit dephlogistisirter Luft gefülltes Glas gestürzt, so brennt sie um vieles heller und reiner. — Wird ein Hölzchen angebrannt, und in ein solches Glas gesteckt: so entzündet sich die Kohle sogleich. Eben das geschieht mit einer ausgeloschenen Kerze, deren Docht noch glüht. Wird Schwefel in ein solches Gläschen gehalten: so brennt er ausserordentlich helle, und mit der schönfarbigsten Flamme. Noch weit heller, fast blendend hell, der Phosphor, bey welcher Gelegenheit sich die Phosphorsäure, so wie beym Verbrennen des Schwefels, die Schwefelsäure erzeugt. — Wird eine Stahlfeder von einer Uhr, an welcher mittelst eines Eisendrathes ein glühender Zunder befestiget ist, in ein solches Gläschen gehalten: so brennt sich der Zunder in eine Flamme, und der Stahl kocht

und schmelzt, die glühenden Funken spritzen wie Feuerperlen im Glase umher, und schmelzen selbst die Glasur vom irdenen Teller weg, auf welchem das Glas steht, ungeachtet sie erst durch das Wasser dahin gelangen. Das Wasser wird gleichsam weggeblasen, wie man auch solche Kunststücke hat.

5. Es begünstiget das Athmen. Thiere leben und Lichter brennen darinnen auf 6 bis 7 Mahl länger, als in gemeiner Luft. Man nehme zwey Glocken oder Gläser, wovon eines mit gemeiner, das andere mit Lebensluft gefüllt ist, stürze sie über zwey Teller, auf welchen Wasser ist, und stelle nun darunter zwey Lichter auf Kork gesetzt: das Licht unter der gemeinen Luft löscht viel eher aus; am Ende muß freylich auch das andere auslöschen. — Weil die dephlogistisirte Luft dem thierischen Leben so günstig ist, so hat man verschiedene Methoden, zum Einsaugen derselben ausfin-

dig gemacht. Ingenhouß hat in seiner Sammlung vermischter Schriften mehrere Einrichtungen angegeben. Nur muß man aber nicht glauben, daß es ein Universalmittel wäre. Ja es kann sogar bey manchen Krankheiten schädlich werden, z. B. bey hitzigen. Diese Vermuthung hat Lichtenberg in einer der ersten Vorrede zum Compendio, blos aus der Analogie geäußert. Sie wurde aber hernach vom Hofrath Herz zu Berlin bestätiget. Späterhin wurde unter den Wienerischen Aerzten viel darüber disputirt. Doch dieß gehört nicht hieher.

6. Es begünstiget das Wachsthum der Pflanzen. Ingenhouß behauptete anfangs das Gegentheil; nahm aber hernach seine Behauptung wieder zurück. So fällt denn also — pflegte hier Lichtenberg scherzweise zu sagen — die Schwierigkeit weg, welche ich bisher noch immer bey meiner Hypothese hatte. Ich bin nähmlich der Meinung, daß Adam und die Erzväter

lauter dephlogistisirte Luft eingesaugt, und deßwegen so lange gelebt haben. Nur war mir aber das noch entgegen, daß diese Luft den Pflanzen schädlich seyn sollte, welche Schwierigkeit nun also Ingenhouß gehoben hat.

Nach der neuern Chemie ist das Saustoffgas eine Verbindung des Oxygens mit Calorique, wovon jenes die Basis, Grundlage oder der Grundstoff ist.

Unter den vielen Nahmen, welche es führt, sind die, der Lebensluft, Feuerluft, reinen Luft, und dephlogistisirten Luft, die gewöhnlichsten. Lichtenberg bediente sich aus langer Gewohnheit, immer des letzteren, ungeachtet er das Unschickliche desselben selbst eingestand.

2. Gemeine oder atmosphärische Luft.

Ist ein Gemisch aus Sauerstoff- Stickstoff- und Kohlenstoffsaurem

Gas. Lichtenberg gab das Verhältniß dieser Bestandtheile folgendermassen an: dephlogistisirte Luft $\frac{4}{16}$ phlogistisirte $\frac{11}{16}$, fixe $\frac{1}{16}$. Jetzt weiß man diese Bestandtheile genauer. Jedes Quantum atmosphärischer Luft enthält nähmlich:

1. an Sauerstoff	0,210	Theile.
2. an Stickstoff	0,787	„
3. an Kohlensäure	0,000	„
	1,000	

3. Schwefel-Wasserstoffgas,
(Gaz hydrogène sulphuré.)

Wird erhalten, wenn man Schwefelleber in mit Wasser verdünnten Säuren auflößt, und zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

1. Es besitzt einen sehr unangenehmen Geruch, fast den von faulen Eyern.

2. Löscht ein hineingebrachtes Licht aus: ist aber selbst entzündlich, jedoch nicht

ohne Beymischung von atmosphärischer Luft.

3. Es wird vom Wasser, besonders vom kalten verschluckt, und das Wasser wird dann durch seinen widrigen Geschmack und übriges Verhalten, den sogenannten Schwefelwässern ähnlich.

Nach der neuen Chemie ist die Basis dieses Gases: Hydrogene und Schwefel und es führt noch folgende Nahmen: hepatische Luft, Schwefelleberluft, stinkende Schwefelluft, schwefelhaltiges oder geschwefeltes Wasserstoffgas.

4. Ammoniakgas, (Gaz ammoniac.)

Wird erhalten, wenn man einen Theil Salmiak, mit zwey Theilen frisch zerfallenem Kalk vermischt, mit etwas Wasser befeuchtet, und in einer Retorte gelinde erhitzt. Es muß, weil es mit dem

Wasser so äusserst vermischbar ist, über Quecksilber aufgefangen werden.

Die vorzüglichsten Eigenschaften desselben sind folgende:

1. Es verhält sich zu den Pflanzenfarben, wie ein Alkali, färbt also den Veilchensaft grün.

2. Bildet mit dem Wasser, mit dem es sich sehr schnell vereinigt, den sogenannten ätzenden Salmiakgeist.

3. Das Eis wird davon schnell zum Schmelzen grbracht.

4. Wird es mit sauren Gasarten in Verbindung gebracht, so ereignet sich das schöne Phänomen, daß beyde Gasarten ihre Luftform verlieren und in einen festen Körper übergehen. — Daß also zwey permanent elastische, unsichtbare Fluida, die für sich Jahrhunderte lang so geblieben wären, in einen festen sichtbaren Körper verwandelt werden, sobald sie sich untereinander berühren. Mit dem salzsauren Gas z. B.

wird auf diese Art der Salmiak gebildet. Lichtenbergs Freude war unbeschreiblich, als er diesen Versuch zuerst bey Priestley zu einer Zeit sah, da dieser die Entdeckung noch nicht lange gemacht hatte. Er ließ den Versuch im Collegio gerade so anstellen, wie er ihn bey Priestley sah. Zuerst wurde salzsaures Gas, — von welchem weiter unten — dann Ammoniakgas gemacht, und beyde in gleichen, oben verschlossenen, einen Zoll im Durchmesser haltenden Glasröhren aufgefangen.

Hierauf wurden beyde Röhre in eine gläserne Schüssel mit Quecksilber gestellt und das Ammoniakgas zum salzsauren Gas hinübergelassen. Ueber der Schüssel befand sich ein Holzgestell, an welches die Röhren angelehnt wurden. — Man darf so eine Röhre, in welcher sich der Salmiak entwickelt hat, nicht nahe zur Nase bringen.

Nach der neuen Chemie bestehet dieses Gas aus Stickstoff und Wasser-

stoff. In hundert Theilen sind gegen 80 des ersteren enthalten.

Die verschiedenen Nahmen dieses Gases sind folgende: Laugenartiges Gas, flüchtig-alkalisches Gas, flüchtig-alkalische Luft, laugensalzige Luft, urinöse Luft.

5. Wasserstoffgas oder inflammable Luft, (Gaz hydrogène.)

Wird am gewöhnlichsten und wohlfeilsten erhalten, wenn man auf Eisenspäne oder grobgekörnten Zink, mit Wasser verdünnte Vitriol- oder Salzsäure gießt. — Man hat auch aus Kartoffeln inflammable Luft gemacht. Ein neues Beyspiel, was nicht alles aus Kartoffeln gemacht werden kann. — Eben so erhält man auch das Wasserstoffgas, wenn man Wasserdämpfe mit glühendem Eisen in Berührung bringt. Der Versuch hierüber ist um so merkwürdiger, da er über die Zu-

sammensetzung des Wassers und über die Natur des Wasserstoffgas selbst, so schöne Aufschlüße gibt. Man bringe in eine eiserne Retorte, an welche ein eiserner Flintenlauf geschmolzen ist, reines Wasser, und erhitze dasselbe durch ein darunter stehendes Kohlenbecken. Eben so werde der eiserne Flintenlauf, der an die Retorte geschmolzen und bey seinem andern Ende in den Trichter einer pnevmatischen Wanne gebogen ist, glühend gemacht. So wie nun das Wasser in der Retorte zum Kochen gebracht wird, und die Dämpfe desselben durch die glühenden Stellen des Rohrs streichen, werden sie in inflammable Luft verwandelt, und gehen als solches in die Glocke über, die in der Wanne aufgestellt ist. Das glühende Eisen entzieht dem Wasser sein Oxygen und wird dadurch verkalkt, das Hydrogen des Wassers aber wird frey, und bildet mit dem Calorique das Wasserstoffgas.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Wasserstoffgases sind folgende:

1. Es ist mephitisch, und daher unfähig das Athemhohlen zu unterhalten. Bringt man in ein Glas, das mit solchem Gas gefüllt ist, Licht, so verlöscht es. Man muß das Glas umgestürzt halten, sonst gibt es Explosion; denn die inflammable Luft ist leichter als die atmosphärische, steigt also auf u. s. w.

2. Es ist sehr leicht entzündbar. Hält man unter ein Glas, in welchem sich solches Gas befindet, Licht, so entzündet es sich. — Selbst durch den schwächsten elektrischen Funken entzündet es sich, worauf sich die Einrichtung der elektrischen Lampe gründet. — Mit einem Knalle begleitet entzündet es sich in Verbindung mit der atmosphärischen Luft, und noch lebhafter mit dem Sauerstoffgase. Man nennt solche Mischungen Knallluft und nimmt zu derselben, wenn sie gut seyn soll, entwe-

der gleiche Theile von der atmosphärischen und inflammablen; oder $\frac{2}{3}$ inflammable und $\frac{1}{3}$ dephlogistisirte Luft. Einer der simpelsten Versuche hierüber ist folgender. Man nehme eine Blase, die mit Knallluft gefüllt ist, und drücke sie auf eine Seifenbrühe aus, die man auf einem Teller hat. Macht man nun aus dieser Seifenbrühe Blasen, und hält das Licht an dieselben, so gibt es eine Explosion. Und bläst man vollends zuletzt in die Seifenbrühe auf dem Teller, daß mehrere Blasen entstehen: so gibt es, wenn Licht daran gehalten wird, eine noch heftigere Explosion. Das Sonderbare hiebey ist noch dieß, daß, wenn man den Finger in die Ohren steckt, und nach gehörtem Schall wieder gleich herauszieht, man den Schall noch einmahl hört. Dieß rührt daher: der Schall hat eine gewisse Dauer; er ist also das erstemahl noch nicht ganz verloren. —

Bey der Entzündung des Schießpulvers ist es ebenfalls die Knallluft, welche die heftige Explosion verursacht. Zu einem guten Schießpulver gehören nach Ingenhouß 75 Theile Salpeter, 15½ Theil pulverisirte Kohlen, und 9½ Theil Schwefel. Die Güte desselben besteht darinn, daß diese Bestandtheile so vollkommen, als möglich gemischt werden. Eigentlich sollte jedes Körnchen ein Gemisch von diesen drey Theilen seyn. Der Schwefel sollte nach Ingenhouß weggelassen werden, weil er die Zündlöcher, durch die Schwefelsäure, welche sich bey seiner Entzündung entwickelt, so sehr verderbt. Indeß zur schnellen Entzündung scheint er doch unentbehrlich zu seyn. — Nun durch die Entzündung des Salpeters wird Sauerstoffgas, und durch die Entzündung der Kohle, Wasserstoffgas entwickelt. Beyde zusammen bilden eine Knallluft, die durch dieselbe Entzündung, durch welche sie entwickelt wird, auch in Explosion geräth.

— Aber warum sind nun die Wirkungen des Pulvers so ungeheuer? Es entsteht dabey etwas ganz anders, als bey der Knallluft — etwas, was hier nicht einmahl recht deutlich gemacht werden kann. Geschieht nähmlich die Verbrennung der Knallluft in verschlossenen Gefäßen, so wird Wasser erzeugt. Dieses Wasser verwandelt sich durch die Hitze (bey der Entzündung des Schießpulvers) in Dämpfe; und diese sind es, welche die schreckliche Gewalt ausüben. — Doch, wie gesagt, dieß kann erst bey der Lehre von den Dämpfen verständlich gemacht werden.

Für eigene Vorrichtung für die Explosion der Knallluft ist die Knallluft-Pistole, die, weil sie auch durch elektrische Materie losgeschlagen werden kann, gewöhnlicher die elektrische Pistole heißt. — Die Verbrennung der inflammablen Luft in der atmosphärischen findet nur in dem Verhältnisse des Antheils dieser an Lebensluft statt.

Daher kann man die inflammable Luft auch zu einem Eudiometer *) gebrauchen.

3. Es ist die leichteste unter allen Gasarten. Das specifische Gewicht derselben zu dem der atmosphärischen Luft, verhält sich wie 1 : 12, 63, und ein Pariser Cubikzoll davon wiegt 0,03539 Gran, ein Cubikfuß aber 61,15 Gran. — Hierauf gründet sich die Luftschifferey. — Kleine Montgolfiere sind viel schwerer zu machen, als große. Versuche darüber mit Mettwurst-

*) Bekanntlich ist dieß das Voltaische Eudiometer — das beste und zuverläßigste, das man bis jetzt kennt. Siehe hierüber: „Versuch über die eudiometrischen Mittel, und über das Verhältniß der Bestandtheile der Atmosphäre, von Alexander von Humboldt, und J. G. Gay-Lüssac; vorgelesen in der ersten Classe des National-Instituts am 21ten Jänner 1805." — Eine meisterhafte Abhandlung. Vergl. Gilberts Annalen der Physik. 20 Bände. 1 Stück.

därmen. Eine solche Mettwurst *) müßte auf einem umgewandten Teller präsentirt werden, und so gäbe es also positive und negative Mettwürste. — Mit Rudern kann man die Geschwindigkeit der Montgolfiere nicht befördern. Ein Luftballon der 26 Fuß im Durchmesser hat, wird durch 2 Ruder, die 50 Quadratfuß Oberfläche haben, und 20 Fuß lang sind, in einer Sekunde, bey Windstille $3\frac{7}{10}$ Fuß weit schneller fortbewegt. Die Geschwindigkeiten wachsen, wie die Cubikwurzeln aus den Rudern. Zu einer noch einmahl so großen Geschwindigkeit brauchte man also 16 Ruder. Da müßte man aber auch wieder mehr Kerls haben u. s. w. Besser könnte man sich durch Verdünnung und Verdichtung der Luft helfen — (mit einem Planum inclinatum). — Wenn

*) Göttingen, ist dieser Art Würste wegen, die weit und breit verschicket werden, sehr berühmt.

die Luftballons nur nicht so viel kosten möchten! da könnte man sich sonst manches Vergnügen machen. Wenn man z. B. nach Hamburg reiste, könnte man den Ballon an den Wagen binden, und so in der Luft nebenher ziehen; man könnte über Flüsse, wie über Quecksilber gehen; man könnte über Ortschaften setzen; man könnte recht gut Höhen messen, indem man einen kleinen Ballon an einen seidenen Faden hinaufsteigen ließe; man könnte über die Atmosphäre wichtige Aufschlüsse erhalten; einem Pferde, das in einem Wagen 20 Centner ziehen muß, dürfte man nur einen Luftballon an den Wagen befestigen, so würde es vielleicht nur 12 Centner, oder noch weniger ziehen dürfen; zum Recognosciren hat Lichtenberg diese Ballons schon lange empfohlen. — Allein, wie gesagt, die Kostbarkeit derselben ist daran hinderlich. Um sich davon eine Idee zu machen, folgt hier die detaillirte Beschreibung eines solchen Luftbal-

lons. Blanchard brauchte zu einem Ballon von 26 Fuß im Durchmesser 6591 Pfund Vitriolsäure, das Pfund zu 10 Sous = 3 gute Groschen — sie muß also sehr verdünnt gewesen seyn — macht 824 Thaler, ferner 3500 Pfund Blechspäne und Eisenfeile; 1800 Pfund zu 60 Livres, macht 876 Thaler. Nun der Taffet. Eine Kugel deren Durchmesser 26 Fuß beträgt, hat 2110 Quadratfuß Oberfläche. Nun noch der Firniß und alles Uebrige. Man sieht also, daß der Spaß sehr hoch zu stehen kömmt.

Nach der neuen Chemie besteht das Wasserstoffgas aus der Verbindung des Hydrogens mit Calorique; und die verschiedene Nahmen, welche es führt, sind folgende: brennbares Gas, entzündbare Luft, entzündliche Luft, inflammable Luft, brennende Luft, Brennluft. Bey Helmont heißt sie Gaz pingue. Inflammable Luft ist unstreitig der beste

Nahme, weil er sich auf keine von beyden Hypothesen gründet.

6. Kohlen = Wasserstoffgas, (Gaz hydrogène carboné).

Es kömmt in vielen Stücken mit dem reinen Wasserstoffgase überein; nur unterscheidet es sich von diesem, durch ein grösseres eigenthümliches Gewicht, durch eine dichtere und gefärbtere Flamme, mit der es brennt; und besonders dadurch, daß es beym Verbrennen in verschlossenen Gefäßen mit Sauerstoffgas, nicht blos Wasser, sondern auch kohlenstoffsaures Gas oder fixe Luft hinterläßt, welches leztere bey dem reinen Wasserstoffgase nicht der Fall ist. —

Man erhält dieses Gas bey der Zerlegung aller thierischer und vegetabilischer Körper durchs Feuer oder durch die Fäulniß. In der Natur findet man es in Sümpfen,

Pfützen und stehenden Wässern, woher es besonders den Nahmen der Sumpfluft (Gas hydrogène des marais) führt. Um es hier bequem aufzufangen, nimmt man eine ausgedrückte Blase und bindet sie mit der Oeffnung an ein messingenes Rohr, das mit einem Hahn versehen ist. Unter das Rohr bringt man einen Trichter an, der mit einer Oese versehen ist, daß man denselben mit einem Stocke in den Sumpf stürzen kann, um nicht selbst darinn waten zu dürfen. Rührt man nun mit einem andern Stocke in dem Sumpfe unter dem Trichter herum, so wird die Luft in die Höhe getrieben, und dringt in die leere Blase. Sobald die Blase voll ist, verschließt man den Hahn nimmt sie heraus, drückt sie in Bouteillen aus, und füllt sie aufs neue.

Auch in den Kloaken ist sie zu Hause diese Luft. Lichtenberg las im Journal de Paris die Nachricht, daß ein Tabakraucher einen brennenden Fidibus in den

Leibstuhl warf, darüber fing es in demselben hell zu lodern an, und es verbreitete sich ein so arger Gestank in der Stube, daß man nicht bleiben konnte. Schade, daß es nur die Gelehrten wissen, welch' eine mechante Luft über den Abtritten schwebe, und daß diejenigen, die sich sogar mit Wegräumung des Unrathes derselben beschäftigen, nichts davon erfahren. Von den Kanzeln sollte man es vermelden.

Aus dem obigen Umstande, daß man beym Verbrennen dieses Gases mit Sauerstoffgas, nicht blos Wasser, sondern auch Kohlensaures Gas erhält: folgert die neue Chemie, daß die Basis desselben Kohlenstoff und Wasserstoff seyn, und gibt ihm daher den Nahmen: Kohlenstoff-Wasserstoffgas. Die übrigen Nahmen sind folgende: schweres brennbares Gas, Sumpfluft, Kohlenstoffhaltiges oder gekochtes Wasserstoffgas.

7. Kohligsaures Gas (Gaz oxide de Carbone.)

Eine neue von Cruikschank in England entdeckte Gasart, von welcher in den Lichtenbergischen Vorlesungen noch nichts vorkam.

8. Phosphor-Wasserstoffgas (Gaz hydrogène phosphoré.)

Es hat viele Aehnlichkeit mit dem Schwefel-Wasserstoffgase, oder die Schwefelleberluft, und wird auf folgende Art erhalten. Man nimmt zu zwey Unzen guter kaustischen Lauge, zwölf Gran Phosphor, bringt das Gemische in eine Retorte — die man des möglichen Zerplatzens wegen, mit einem Drathnetze einfassen muß — setzt dieselbe nun auf Kohlenfeuer und fängt das sich entwickelnde Gas über Quecksilber auf. — Zu einer guten kaustischen Lauge aber dient folgendes Recept. Auf zehn

Loth lebendigen oder ungelöschten Kalk, gieße vier und zwanzig Loth Wasser. Wenn diese Mischung noch siedet und heiß ist, gieße fünfzehn Loth vegetabilisches Alkali, (Pottasche) mit sechzehn Loth Wasser vermischt dazu, und rühre alles wohl durcheinander.

Das Phosphor-Wasserstoffgas hat den ausgezeichneten Charakter, daß es sich unmittelbar bey Berührung der atmosphärischen nicht ganz kalten Luft, mit einer Explosion und lebhaften Lichte von selbst entzündet. Noch lebhafter geschieht dieß bey Berührung des Sauerstoffgases. Hieraus könnte nun manches Leuchten in der Natur erklärt werden, und die Antiphlogistiker erklären daraus wirklich die Irrlichter, Sternschuppen u. s. w. — Außer dieser ausgezeichneten Eigenschaft, besitzt dieses Gas einen sehr unangenehmen, fauligen, knoblauchartigen Geruch.

Nach der neuen Chemie ist die Basis desselben, Wasserstoff und Phosphor, und es heißt daher: Phosphor-Wasserstoffgas. Die übrigen Nahmen sind: Phosphorgas, phosphorisches Gas, Phosphorluft, phosphorhaltiges oder gephosphortes Wasserstoffgas, gasförmiger phosphorisirter Wasserstoff.

9. Kohlenstoffsaures Gas, oder fixe Luft. (Gaz acide Carbonique).

Ist diejenige Gasart, die sich bey jeder Weingährung so häufig entwickelt und deßwegen auch die Gährungsluft genannt wird. Am leichtesten und wohlfeilsten erhält man es, wenn man auf Kreide verdünnte Vitriolsäure gießt und in einer pneumatischen Vorrichtung die sich entwickelnde Luft auffängt. — Es wird auch durch das Verbrennen der Vegetabilischen

Substanzen gewonnen, woraus sich ergibt, daß es ein Bestandtheil derselben, und ihrem Wachsthum günstig seyn müsse. Da sich nun dasselbe auch beym Athemhohlen warmblütiger Thiere entwickelt, wo man es in der ausgehauchten Luft allezeit antrifft, und die Pflanzen hingegen Lebensluft entwickeln: so sieht man hier einen sehr schönen Cirkel in der Natur. Diejenige Luft, welche die Menschen als eine ihnen schädliche Luft von sich schaffen, dient den Pflanzen zur Nahrung; und diejenige Luft, welche die Pflanzen beym Sonnenlichte entwickeln, ist wieder den Menschen so heilsam. Daher ist ein Spaziergang in grünen Auen und Feldern, und in Wäldern, in welche die Sonne dringen kann, so erquickend. Unter dem Schatten der Bäume hingegen, entwickelt sich eine schädliche Luft, deren Einfluß man auch bald fühlt, wenn man sich besonders Abends dahin lagert.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des kohlensauren Gases sind folgende. Es ist:

1. mephitisch, und also eben so wenig fähig das Verbrennen, als das Athemhohlen zu unterhalten. Hält man Licht an die Oeffnung eines Glases, in welchem solches Gas enthalten ist, so verlöscht es augenblicklich. Man kann die Flamme ordentlich auffangen. — Menschen und Thieren wird es tödtlich. An einzelne Ausnahmen darf man sich nicht kehren. So hat es allerdings Menschen gegeben, die fixe Luft einathmeten. Pilatre de Rozier — der bekannte Märtyrer der Aeronautik, hat sogar Salpeterluft eingeathmet.

2. Das kohlensaure Gas ist beträchtlich schwerer als die atmosphärische Luft. Es verhält sich nähmlich zu dieser, wie 1,4973 zu 1, und ein Kubickzoll davon wiegt 0,68985 Gran. Es sinkt daher in der atmosphärischen Luft

zu Boden, und hieraus läßt sich erklären, warum Hunden in Höhlen, wo fixe Luft ist, z. B. in der Grotta del Cane, (Hundsgrotte) nicht weit von Neapel, diese Luft so tödlich wird, hingegen für die Menschen unschädlich bleibt. Sie nimmt nähmlich die untern Regionen ein. Nun halten die Hunde die Nasen tiefer, als die Menschen; kommen also in tiefere Schichten und finden so ihren Tod. — Zündet man in einem großen Glasgefäße, in dem sich Wasser befindet einen Schwärmer an: so brennt derselbe unter dem Wasser fort, und oben auf die Oberfläche des Wassers setzt sich nun die fixe Luft, liegt ordentlich da, und wogt sich. Auf eine ähnliche Art muß man sich vorstellen, befindet sich dieselbe auch auf dem Boden der obigen Hundsgrotte. — Der Umstand, das die fixe Luft schwerer ist, als die atmosphärische, hat zu mancherley belustigenden Versuchen Veranlassung gegeben, wodurch sich unter andern der Düc de

Chaulnes auszeichnete. So gab er z. B. in einer Gesellschaft folgendes auf: In ein Glas, worinn nichts ist, aus einem andern worinn auch nichts ist, etwas zu gießen, was Lichter auslöscht, und Vögel tödtet. Natürlich, befindet sich in einem leeren Glase ein Licht, oder ein Vogel, und gießt man in dasselbe aus einem andern Glase fixe Luft, so sinkt sie, weil sie schwerer ist, in das erste Glas hinein, löscht das Licht aus, oder tödtet den Vogel.

3. Das kohlensaure Gas, verhält sich wie eine jede andere Säure. Es färbt nähmlich die Lakmustinktur roth, und der Daumen oder die Hand, welche man über das Glas hält, wird dabey angezogen. — Die Lakmustinktur muß in das Glas, worinn die fixe Luft ist, gegossen werden.

4. Das kohlensaure Gas schlägt den Kalk im Kalkwasser nieder. Kalkwasser ist dasjenige

reine Regenwasser, in welchem ungelöschter Kalk aufgelöst und dann filtrirt wird. Auch mit dem Selzer- oder eigentlich Selterser Wasser, in welchem, so wie in allen Sauer-Wässern fixe Luft enthalten ist; läßt sich dieser Versuch anstellen. Jedoch mit dem Unterschiede, daß sich der Kalk zwar niederschlägt, aber gleich wieder verliert, welches jedoch am Ende aufhört.

5. Das kohlensaure Gas geht mit dem Wasser sehr leicht eine Verbindung ein, und ertheilt demselben einen säuerlichen Geschmack. Es läßt sich ungefähr zu gleichen Theilen mit dem Wasser verbinden. Hierauf gründet sich nun die künstliche Nachahmung der Sauer- oder Mineral-Wässer. In allen diesen Wässern ist nähmlich fixe Luft enthalten, und sie gerade verursacht die angenehme Säure derselben. Weil aber diese Wässer auch noch andere Materien enthalten, die einem Kranken schädlich

werden dürften, wenn man ihm diesen heilsamen Trank reichen wollte: so hat man Vorrichtungen erfunden, das frische Brunnen-Wasser mit fixer Luft zu imprägniren. So eine Maschine hat Parker, der berühmte Glasschleiffer zu London, von dem auch das bekannte Sonnenmikroscop herrührt, erfunden. Sie wird aber auch in Schorborn vortrefflich nachgemacht. Die Einrichtung derselben ist folgende. Es werden drey gläserne Gefäße A, B, C, (Fig. 15.) von der Gestalt, wie die Figur sie zeigt, luftdicht in einander gesetzt. Das untere Gefäß C dient zur Entwickelung der fixen Luft, worinn also die Kreide mit verdünnter Vitriolsäure gebracht wird. Es hat bey a eine kleine Oeffnung, um während der Operation frische Materialien in das Gefäß zu bringen, oder die vorhandenen umzurühren. In dem mittleren Gefäße B befindet sich das Wasser, das mit fixer Luft imprägnirt werden soll und welches, wenn

dieß geschehen ist, zur Oeffnung b abgelassen wird. Es stehet mittelst zweyer fein und vielfach durchbohrten Stöpseln, die sich in dem Halse desselben befinden, und innerhalb welcher, auf dem untern ruhend, eine Klappe angebracht ist, um das Herabtröpfeln des Wassers zu verhindern, mit dem untern Gefäße in Verbindung. Das dritte Gefäß A dient, die Berührung zwischen Wasser und Luft immer stärker zu machen. Indem nähmlich die fixe Luft aus dem unteren in das mittlere dringt, treibt sie aus diesem das Wasser, mit dem es ganz voll ist, in das obere Gefäß, und von hier aus drückt dieß Wasser wieder zurück, auf das, was in dem mittleren enthalten ist. Der Hals dieses oberen Gefäßes ist deswegen umgebogen, damit die Luftblasen, wenn sie aufsteigen, nicht unmittelbar auf die Oeffnung treffen. — Uebrigens versteht sich von selbst, daß, wenn bey b das imprägnirte Wasser abgelassen wird, das Wasser in A

nach B herabsinkt, und daß man, wenn die Operation fortgesetzt werden soll, bey der Oeffnung c eben so viel frisches Wasser nachgießen muß.

Ueber die haarröhrchenartigen Canäle der beyden gläsernen Stöpsel im Halse des mittleren Gefäßes hat man sich gewaltig den Kopf zerbrochen. Ein gewisser Gelehrter verlangte 12 Dukaten für das Geheimniß. „Ich will es Ihnen umsonst sagen, mein Herr, sagte Lichtenberg. Man nimmt ein Büschel von Glasröhren; die werden mit Gasmasse stark umwickelt, dann bis zur Weiche erhitzt; dann wird gezogen.“

Im Compendio sind verschiedene Bücher angegeben, die verschiedene Methoden zur Imprägnirung des Wassers mit fixer Luft vorschlagen. Allein sie sind alle sehr kostbar. Weit simpler ist folgendes Verfahren, bey dem man mit einem Gehülfen viel imprägnirtes Wasser erhalten, und bey dem dieser Gehülfe noch dazu ein Bedienter seyn

kann. Man steckt an eine Bouteille oder Retorte, in welcher sich fixe Luft befindet, ein gebogenes bleyernes Rohr und fängt nun diese Luft in einem mit reinem Wasser gefüllten Gefäße, mittelst zweyer mit Wasser gefüllten Bouteillen abwechselnd auf. Ist die eine Bouteille voll, halb mit fixer Luft, halb mit Wasser: so schüttle man beydes untereinander und stecke die andere Bouteille indeß ans Rohr. Hat man die erstere tüchtig durcheinander geschüttelt, so fülle man sie wieder aus dem Gefäße ganz voll mit Wasser, schütte sie dann ins Gefäß aus, und fülle sie von neuem daraus mit Wasser. Macht man nun mit der andern Bouteille das Nähmliche, und repetirt das Verfahren eine Zeitlang; so wird bald das Wasser, sowohl im Gefäße, als in den Bouteillen mit fixer Luft imprägnirt seyn. — Wenn man in ein Wasser lange haucht, so wird auch Sauerwasser daraus. M. Seyde machte den Versuch im Collegio.

Der Effekt von dem Gebrauch der fixen Luft ist erstaunend. Nach der Erzählung von Cavallo hatte ein Kranker so arge zusammenfließende Pocken, daß er wie rohes Fleisch aussah, und so stark roch, daß es selbst die Wärterinn nicht aushalten konnte. Durch fixe Luft wurde nicht nur der Geruch vertrieben, sondern auch der Kranke hergestellt. — Lichtenberg verordnete einmahl Jemanden im Faulfieber, eine Clystier mit fixer Luft: sogleich änderte sich die Krankheit. — Sigaud de la Fond erzählt einen Fall, daß Jemand einen Krebs hatte, dessen größte Länge 16 Zoll betrug. Geheilt konnte er nicht mehr werden. Aber was ist bey solchen Krankheiten nicht schon eine Linderung werth! der Krebs zog sich doch bis auf 4 Zoll zusammen, und die Schmerzen wurden gelinder.

Nach dem antiphlogistischen Systeme ist die Basis des kohlensauren Gases Kohlenstoff und Sauerstoff. Daher der

Nahme. Die übrigen Nahmen sind: kohlengesäuertes, kreidensaures, luftsaures, mephitisches Gas; wildes oder weiniges Gas; Kalkgas; fixe, feste, künstliche Luft; mephitische Säure, Kreidensäure, Kohlensäure, Luftsäure, Sauerluft.

10. Salzsaures Gas (Gaz acide muriatique).

Ist eigentlich die Kochsalzsäure in Luftgestalt. Man erhält es am besten, wenn man zu zwey Theilen Kochsalz nach und nach einen Theil sehr concentrirter Schwefelsäure bringt. Es muß über Quecksilber aufgefangen werden, weil es sich so leicht mit dem Wasser verbindet. Es ist eine böse Sache um dieses Auffangen! Lichtenberg nahm dabey immer ein Paar Prisen Tabak. —

Bey Berührung der atmosphärischen Luft, oder des Ammoniakgases verliert es seine luftförmige Gestalt und verwandelt sich unter Erwärmung in einen weißgrauen Nebel. Mit dem letztern insbesondere bildet es, wie schon oben angeführt wurde, den Salmiak. — Die übrigen Eigenschaften sind im Compendio angegeben.

11. Uebersaures salzsaures Gas (Gaz acide muriatique oxygèné).

Wird das salzsaure Gas mit noch mehrerem Sauerstoffe verbunden, so erhält es ganz andere Eigenschaften. Es verwandelt sich dann in einen gelblichen Dampf von äußerst stechendem Geruch und Geschmack, welcher in der neuen Chemie den Nahmen: Uebersaures salzsaures Gas, erhalten hat, in der alten aber unter dem Nahmen der dephlogistisirten Salzsäure bekannt ist.

Die merkwürdigste Eigenschaft dieses Dampfes — in welchem alle Metalle auflösbar sind, ist die, daß sich manche Metallkalke, die man hinein bringt, entzünden. Ja, Scherer zu Jena ist es sogar gelungen, ein Goldblättchen zu entzünden. — Da sich das Bleichen auf die Zerstörbarkeit der Pflanzenfarbe gründet, diese aber durch die dephlogistisirte Salzsäure so vollkommen bewirkt wird: so hat man dieselbe mit dem besten Erfolge auch zum Bleichen angewendet, und sicherlich würde dieß schon allgemeiner eingeführt worden seyn, wenn das Bleichungsmaterial nicht so hoch zu stehen käme. In kurzer Zeit kann man Linnen, das man in ein mit dieser Säure imprägnirtes Wasser taucht, weiß kriegen. Es wurde im Collegio der Versuch mit einem Stück, das voll grosser Tintenflecke war, gemacht. In ein Paar Minuten waren die Flecke heraus, und das Stück Linnen wurde ganz weiß, nachdem man es noch

in einer mit Wasser sehr verdünten Vitriol-säure wusch, um Alles übrige wegzubringen. Aber dieß ist nur noch eine Kleinigkeit! Selbst das Gedruckte aus den Kattunen kann man herausbringen. Wenn also ein Ding aus der Mode kommt, so wäscht man es ab, und drückt etwas anders darauf. Welch eine herrliche Sache! Nur thierische Stoffe nehmen dieß nicht gut an. So wird z. B. die Wolle gelb davon. Aber alte Kupferstiche, die schon gelb sind, werden dadurch wieder, als ob sie erst von der Presse gekommen wären. So auch das Papier. Beym Schweitzer Papier wird hievon wahrscheinlich schon Gebrauch gemacht. Wenn man elendes Druckpapier durch diese Säure zieht, so wird es schön weiß. Nur müßte man noch eine Methode erfinden, dieß geschwind zu bewerkstelligen. Könnte man sie vollends zur Bleichung des schönen Geschlechts gebrauchen und ordentliche Mamsellenbleichen einrichten: so könnte man sich gewiß

viel damit verdienen! Vor einiger Zeit hat sich das Gerücht verbreitet, daß ein Arzt zu London einen Mohren weiß gewaschen hat. Wie mochte sich da manche schwarze Dame freuen! — In Grens Journal IV. Band S. 31. folg. steht über das Bleichen mit dephlogistisirter Salzsäure, eine Abhandlung vom Professor Pickel zu Würzburg, und in Tenners Anleitung, vermittelst der dephlogistisirten Salzsäure zu jeder Jahrszeit vollkommen weiß, sicher und wohlfeil zu bleichen. Leipzig 2te Auflage 1794, 8. *) findet sich alles über diesen Gegenstand beysammen.

Sowohl das salzsaure, als das übersaure salzsaure Gas, hat nach der neuen Chemie zu seiner Basis das noch völlig un-

*) Im Jahre 1800, ist davon die dritte ganz umgearbeitete vermehrte und verbesserte Auflage gr. 8. mit 12 Kupfern erschienen. Die erste Ausgabe erschien im Jahr 1793.

bekannte und analogisch vorausgesetzte Radikal muriatique.

12. Schwefligsaures Gas (Gaz acide sulphureux.)

Ist eigentlich die flüchtige Schwefelsäure in Luftgestalt. Man erhält es, wenn man gleiche Theile Quecksilber und Vitriolöhl im Sandbade bis zum Sieden erhitzt. Die Eigenschaften desselben sind im Compendio angegeben.

Nach der neuen Chemie ist die Basis dieses Gases die unvollkommene Schwefelsäure (acide sulphureux) und es hat noch folgende Nahmen: Vitriolsaure Luft, Schwefelluft, Schwefelgas u. s. w.

13. Flußspathsaures Gas (Gaz acide fluorique).

Ist die Flußspathsäure in Luftgestalt und wird erhalten, wenn man auf zer-

stossenen Flußspath concentrirte Vitriolsäure gießt, und dann die Retorte in glühende Asche setzt. Muß auf Quecksilber aufgefangen werden. Achard läugnete, daß auf diese Art wirklich Luft erhalten werden könne, — es wäre nur Säure meinte er. Aber Scheele lebte gerade noch so lange, um ihn wiederlegen zu können.

Es verwandelt sich bey Berührung der atmosphärischen Luft in weißliche Nebel, und hält man eine Glasplatte über diese Nebel, so wird die Fläche derselben sehr schnell angegriffen, sie verliert ihre Politur, wird undurchsichtig und das Glas wird wirklich angefressen.

Hierauf gründet sich nun die Kunst in Glas zu ätzen. Klaproth zu Berlin hat diese Kunst wieder hervor gesucht. Lichtenberg hörte davon, daß man in Berlin Glas ätze, sogleich verfiel er darauf, daß dieß mit der Flußspathsäure geschehen müsse. Er machte den Versuch und dieser

gelang vollkommen. Aber Erfinder, wofür ihn einige ausgeben, ist er nicht davon. Das Glas muß nicht zu hart seyn, wenn der Versuch gelingen soll, wie Lichtenberg mit einem Trinkglase erfuhr, auf welches er Kästners Bild ätzen wollte. Auch ist es nach neuerem Rathe am besten, diejenige Seite des Glases, in welche man ätzen will, mit Hausenblasen zu beschmieren. Aber auch die andere Seite muß man bedecken, um sie gegen das penetrante Gas zu bewahren. Nur darf diese Bedeckung ganz simpel seyn z. B. mit Thon oder gelben Wachs. Hält man nun den radirten Grund über die weißlichen Dämpfe des Gases, so ist das Aetzen in ungefähr 10 Minuten vollendet, welches man daraus erkennt, wenn die Striche etwas weislich zu werden anfangen. — Wenn man die Eudiometerröhren inwendig mit spathsaurem Gas ein wenig ätzt, so verhütet man, daß sich das Wasser nicht zu sehr ansetzt.

Vom Wasser wird dieses Gas sehr schnell verschluckt, wie man sich am besten überzeugen kann, wenn man in eine Röhre, in welcher es enthalten ist, mit einer oben gekrümmten Sprütze, Wasser hineinbringt.

Die Basis dieser Gasart ist nach der neuen Chemie das unbekannte Radikal-fluorique — und es führet noch folgende Nahmen: Flußspathsaure Luft, luftige Flußspathsäure, flüssiges Gas, spathgesäuertes Gas.

14. Oxydirtes Stickstoffgas (Oxide d'azote gazeux.)

Wurde nicht erwähnt.

15. Stickstoffgas oder phlogistisirte Luft (Gaz azotique).

Man erhält sie am wohlfeilsten, wenn man den gemeinen Phosphor in der gemeinen Luft verbrennt, und ihre merkwürdigste

Eigenschaft ist die, daß sie mit dephlogistisirter oder auch gemeiner Luft vermischt, und durch den elektrischen Funken entzündet, eine wahre Salpetersäure gibt. Dieß ist eine Entdeckung von Cavendisch, und auf diese Entdeckung stützt sich auch ganz vorzüglich das neue System der Chemie. Er nahm zu seinem Versuche drey Theile Lebens- und sieben Theile phlogistisirte Luft.

Man erhält dieses Gas auch, oder wenigstens demselben etwas frappant Aehnliches, wenn man die Dämpfe des kochenden Wassers durch ein glühendes irdenes Pfeifenrohr gehen läßt. — Dagegen sind viele Einwendungen gemacht worden. Siehe Priestleys Werke VI. Band 2. Sektion. Priestley hat folgenden merkwürdigen Versuch angestellt. Er nahm eine Glocke und setzte sie in ein Gefäß mit Quecksilber. Oben in der Glocke brachte er eine Retorte an. In die Retorte legte er feuchten Thon. So

erhielt er zur Retorte eine Luftart heraus und das Queckſilber fing an zu ſteigen. Wie er nun unterſuchte, war es die nähmliche Luft, welche unter der Glocke war, und das Waſſer in der Retorte war auch das Nähmliche. Die Dämpfe gingen alſo wieder retour! So einen Fall gibt es in der ganzen Phyſik nicht. Hätte ich, ſagte hier Lichtenberg, Vermögen, ich gäbe gleich eine Preisfrage darüber auf, daß dieſes merkwürdige Phänomen näher unterſucht würde.

Nach dem antiphlogiſtiſchen Syſtem beſtehet dieſes Gas aus einem eigenen Grundſtoff = Azote mit dem Calorique verbunden; und es führt noch folgende Nahmen: phlogiſtiſirte oder phlogiſtiſche Luft, verdorbene Luft, unreine Luft, Stickluft, Salpeterſtoffgas, Stickſtoffluft, Stickgas, azotiſches Gas.

16. Salpeter Gas (Gaz nitreux.)

Wird am bequemsten erhalten, wenn man auf Kupfer, verdünnte Salpetersäure gießt. Scheele und Andere waren so verwegen, diese Luft einzuathmen. Dieß ist höchst gefährlich, weil sich dieselbe, wie wir gleich sehen werden, wenn sie mit gemeiner Luft vermischt wird, in Salpetersäure zersetzt. Geschieht nun dieser Prozeß in der Lunge, so kann die Säure die Lunge angreifen und der Mann sich zu Tode husten. In der Berliner Monathsschrift rieth einmahl Jemand die Salpeterluft im Faulfieber, Pthisis und andern Krankheiten, als sehr heilsam an. Welch' ein gefährlicher Rath! Er verwechselte die reine dephlogistisirte Luft mit der Salpeterluft, weil jene auch aus Salpeter erhalten wird.

Der ausgezeichnete Charakter des Salpetergas besteht darinn, daß es bey Berührung der atmosphärischen Luft sogleich

seine Gasform verliert, und in einen röthlich gelben Nebel, unter Erwärmung und Verminderung des Volumens beyder Luftarten verwandelt wird. Nichts bleibt von der atmosphärischen Luft übrig, als das Stickstoffgas. Die röthlich gelben Nebel sind Salpetersäure, die das Wasser, mittelst dessen jene Berührung bewirket wird, nach und nach einsaugt. — Mit dem Sauerstoffgas zeigen sich natürlich alle diese Erscheinungen noch auffallender. Ein Maß desselben mit ungefähr zwey Maß Salpétergas vermischt, verschwindet fast gänzlich und würde auch gänzlich verschwinden, wenn man das Sauerstoffgas ganz rein von allem Stickgas erhalten könnte.

Auf diese Eigenschaft des Salpetergas, daß es durch die respirabelen Luftarten (atmosphärische und dephlogistisirte) zersetzt, aber durch die irrespirabeln (z. B. Stickstoffgas) nicht zersetzt wird: gründen sich nun die Eudiometer oder Luftgütemes-

ser. Es sind dieß Instrumente, welche die Größe der Verminderung, die die atmosphärische Luft durch Beymischung des Salpetergas erleidet, bestimmt angeben. Da nähmlich die atmosphärische Luft aus Sauerstoffgas und Stickstoffgas bestehet, jenes aber bey der Vermischung mit Salpetergas ganz verschwindet, und nur dieses übrig bleibt: so muß sie um so reiner und heilsamer seyn, je größer nach der Vermischung ihre Verminderung wird, weil diese anzeigt, daß sie viel Sauerstoffgas müsse enthalten haben. Indeß freylich zeigen die Eudiometer nicht immer die medizinische Güte der Luft an, und verdienen daher den Nahmen der Luftgütemesser nicht. Es kann ja viel Verderbliches in der Luft enthalten seyn, was sie nicht anzeigen, weil es das Salpetergas nicht zersetzt, und umgekehrt kann manches, was dieses Gas nicht zersetzt, dennoch heilsam seyn.

Lichtenberg verweilte lange bey diesem Salpetergas-Eudiometer, beschrieb das Priestleysche; zeigte das Landrianische vor; ließ mit dem gewöhnlichen von Fontana Versuche anstellen; rühmte die Geschicklichkeit in ähnlichen Versuchen, des Hrn. Professors Pickel zu Würzburg, mit welchem Lichtenberg einen ganzen Monath lang zu Göttingen solche Versuche anstellte, und die im 2ten Jahrgang des Göttingischen Magazins beschrieben sind; sprach von den Verbesserungen, welche Cavallo, Luz und Wilke, bey dem Fontanaschen Eudiometer angebracht haben; erzählte das Verfahren, das Herr von Saussüre auf Reisen und auf Bergen bey Versuchen mit diesem Eudiometer beobachtet; verwies über die Procedur beym Eudiometer auf den ersten Band der Ingenhousischen Schriften; erklärte die Scherersche Geschichte der Luftgüte-Prüfungslehre. Wien 1785, 2 Th. für das beste Buch über die ganze Lehre

vom Eudiometer u. s. w. Allein da durch neuere Entdeckungen dieses Eudiometer fast ganz ausser Gebrauch gekommen ist, und das Voltaische mit Wasserstoffgas (Siehe oben Wasserstoffgas) unendliche Vorzüge hat: so wollen wir dabey nicht verweilen. Auch bey den übrigen Eudiometern nicht, von welchen Lichtenberg das Scheelsche — das zu viel Zeit erfordert, das Seguinsche und das Reboulsche — beyde mit Phosphor, erwähnte.

Nach dem antiphlogistischen Systeme hat das Salpetergas mit der Salpetersäure einerley Grundlage, nähmlich Stickstoff (Azot) und Sauerstoff (Oxygen). Nur das Verhältniß ist in beyden verschieden. Im Salpetergas befinden sich 32 Theile Stickstoff, und 68 Theile Sauerstoff; in der Salpetersäure aber 20,5 Theile Stickstoff und 79,5 Theile Sauerstoff. Oder im Salpetergas ist Azot : Oxygen = 1 :

2; *) in der Salpetersäure aber ist Azot : Oxygen = 1 : 4.

Läßt man das Salpetergas über angefeuchtetem Eisenfeilstaub stehen, so erleidet es eine Verminderung seines Umfangs von etwa $\frac{2}{3}$ und erlangt ganz andere Eigenschaften, als es vorher besaß. Dieß ist dann das oxydirte Stickstoffgas (Oxide d'azote gazeux), welches oben erwähnt wurde.

Das Salpetergas führt noch folgende Nahmen: Salpeterartiges Gas, Salpeterartige Luft, nitröse Luft, Salpeterhalbsaures Gas.

Vom Gazometer.

Gazometer sind sehr kostbare Instrumente, um das Verbrennen der dephlogisti-

*) Lichtenberg gab dieß Verhältniß noch wie 2 : 3 an.

firten und inflammablen Luft in bestimmten Verhältnissen, und mittelst des elektrischen Funkens bequem zu verrichten, und das dadurch erhaltene Wasser gehörig zu sammeln und zu wägen. Eine solche gazometrische Maschine, mit welcher der jüngere Jacquin zu Paris Versuche anstellte, und $1\frac{1}{2}$ Cubik Fuß Gas enthielt, kostete 360 Thaler. Sie war von Fortin verfertiget. Eben dieser macht *) nun auch eine für den König von Spanien, die $2\frac{1}{2}$ tausend Reichsthaler kosten wird.

Dasjenige Gazometer, welches sich Lichtenberg, nach meinem Gedanken von Volta verfertigen, und mit welchem er im Collegio Versuche anstellen ließ, hatte die Einrichtung, welche Fig. 16. darstellt. Die gläserne Kugel B, mit dem runden, gläsernen

*) Man vergesse nicht, sich in das Jahr 1795 zu versetzen, in welchem Lichtenberg dieses sagte.

Fußgestell F stellt das eigentliche Gazometer vor, und steht mit der umgestürzten Glocke A, welche darauf geschraubt ist, in Verbindung — mittelst der Oeffnung a, die mit dem Hahne b verschlossen werden kann. Nun wird B mit inflammabler Luft, A mit Wasser gefüllt, und letzteres auf ersteres gebracht. Wenn das Wasser durch die Oeffnung a in die Kugel B herabfließt, so jagt es die inflammable Luft bey c in ein starkes, messingenes, mit einem Hahn d versehenes Rohr, das mit dem Halse der Kugel B zusammenhängt. Dieses Rohr führt in eine kleine Campane C, die am Ende desselben befestiget ist. An diese Campane wird oben eine mit dephlogistisirter Luft gefüllte Blase D und unten ein gläserner Cylinder E geschraubt. So wie die Campane C mit inflammabler Luft gefüllt ist, wird durch Zusammendrücken der Blase D auch etwas deplogistisirte Luft in dieselbe getrieben. Nun wird diese gemischte Luft angezündet, der

Cylinder E angeschraubt, und das Verbrennen der beyden Luftarten durch allmähliges Nachdringen und Nachdrücken derselben unterhalten. Ließe man die dephlogistisirte Luft auf einmahl häufig zufließen, so würde sich die Mischung mit einem großen Knall entzünden, und die Campane zersprengen. — Das Verbrennen zersetzt nun beyde Luftarten in Dämpfe, die sich an die Campane setzen, nach und nach in Wassertropfen in den Cylinder E herabfließen, und sich da sammeln. Am Ende würde die Luftmischung doch zu brennen aufhören, wenn man auch noch so viel dephologistisirte Luft nachfließen ließe, weil weder die dephlogistisirte noch die inflammable Luft so rein ist, daß sie nicht etwas phlogistisirte Luft enthalten sollten, welche sich nach und nach in der Campane sammelt, und die Flamme erstickt. Würde man hingegen diese schlechte Luft wegpumpen, indem man an der Campane eine kleine Luftpumpe anbrächte: so könnte

das Verbrennen und Zersetzen der beyden Luftarten so lange als man wollte, fortgesetzt werden.

Mit diesen Gazometern nun, wurden zu Paris die berühmten Versuche über die Zusammensetzung des Wassers angestellt; Lichtenberg erzählt blos von demjenigen, der durch Lefevre de Guineau angestellt wurde, und von welchem man im Rozier's Journal 1788 Decem. Nachricht findet. Der Versuch dauerte 12 Tage lang, in einem fort; bey der Nacht wurde das Laboratorium versiegelt. Die dephlogistisirte Luft zu diesem Versuche machte man aus Braunstein; die inflammable Luft aus Eisenspänen, mit einem Theil concentrirter Vitriolsäure und 5 Theilen Wasser vermischt. Von jeder Luftart hatte man 25000 Cubikzoll. Die Höhe des Barometers, bey welcher man operirte, war 28 Pariser Zoll, und das Thermometer stand auf 10° Reaum.

Während der Operation pumpe man die phlogistische Luft oft heraus.

Man verbrannte:

Pf.		Unz.		Gros		Grains	
1 Pf.*)		15 Unz.		6 Gros		10 Grains	Sauerstoffgas mit
0	=	8	=	2	=	4	= Wasserstoffgas; also zusammen
2	=	7	=	8	=	14	= Hievon abgezogen
	=	4	=	7	=	23	= die nicht verbrannten, bleibt
2	=	3	=	0	=	63	= als das Totalgewicht der

wirklich verbrannten Luftarten. Und das Wasser, welches man daraus erhielt, betrug 2 Pfund 3 Unzen 0 Gros 33 Grains.

*) Man muß sich hiebey erinnern, daß das französische Pfund 16 Unzen, die Unze 8 Gros, und das Gros 72 Grains hat. Das Sauerstoffgas wog demnach 18298 Grains; das Wasserstoffgas 4756; beyde Gasarten zusammen 23054; der gasförmige Rückstand nach der Verbrennung 2831; die wirklich verbrannten Gasarten 20223; das erhaltene Wasser 20193.

Delüc ärgert sich gewaltig, daß die Antiphlogistiker diesen Versuch ein Faktum nennen. Er ist sonst immer gleichgültig in seinen Schriften, aber wenn er auf dieses Wort kömmt, ärgert er sich desperat. Wenn Lichtenberg Geld genug hätte, so würde er allen Universitäten die Preisfrage aufgeben, was eigentlich ein Faktum sey. — Delüc behauptet, daß schon vor der Verbrennung im Sauerstoffgase sowohl, als im Wasserstoffgase Wasser enthalten sey, und daß man also die Entstehung des Wassers durch die Verbrennung, nicht anders zu einen Beweis annehmen könne, als daß man stillschweigend voraussetze, diese Entstehung sey nur durch Zusammensetzung möglich. Dieß ist aber eine wahre petitio principii. So lange die Antiphlogistiker nicht a priori beweisen können, daß man durch Absonderung aus den Luftarten, kein Wasser erhalten könne, oder durch Versuche darthun, daß in denselben keines enthalten

sey; bleibt es um ihr sogenanntes Faktum, immer eine mißliche Sache. — In den Gipsfiguren, die auf den Strassen herumgetragen werden, ist $\frac{1}{8}$ Wasser enthalten.

Was die Zersetzung des Wassers in dephlogistisirte und inflammable Luft betrifft, so hat man nicht nur durch Vergleichung des Gewichts und Umfangs der verbrannten Gasarten, sondern auch durch wirkliche Versuche herausgebracht, daß 100 Theile Wasser, 0,85 Lebensluft und 0,15 inflammable Luft enthalten. Drey verschiedene Versuche gaben folgendes Resultat: 100 Theile Wasser enthielten: Zum

1tenmahl	$84\frac{1}{4}$	dephlog.	+ $15\frac{3}{4}$	inflam. Luft,
2tenmahl	$84\frac{4}{5}$	=	+ $15\frac{1}{5}$	= =
3tenmahl	$84\frac{1}{3}$	=	+ $15\frac{2}{3}$	= =

Man nannte auch dieß ein Faktum, ungeachtet es doch nach Delüc eine bloße Erklärung war.

Der enscheidenste Versuch über die Wasserzerlegung schien derjenige zu seyn, der im Jahr 1789 zu Amsterdam von den Herren Paets von Trostwyck und Deiman angestellt ward. Sie brachten in einen gläsernen mit destillirtem Wasser gefüllten Cylinder, (Siehe Fig. 17.) zwey Golddräthe und ließen auf dieselben eine elektrische Batterie wirken. Da ereignete sich nun der merkwürdige Umstand, daß Luftbläschen entstanden, in die Höhe stiegen, sich oben an das Glas ansetzten, und eine Luftsäule bildeten. War nun diese Luftsäule so lang geworden, als der obere Drath in die Röhre hineinging, so entzündete sie sich bey der nächsten Entladung, sie verbrannte, und das Wasser stieg wieder bis an die Spitze des Cylinders in die Höhe. Und hieraus zog man nun den Schluß: Weil der elektrische Funke diese Luftsäule entzündet habe: so müsse sie ein Gemisch von dephlogistisirter und inflammabler Luft gewesen seyn. — Allein

mit Recht hat man hingegen eingewendet, einmahl, daß man diese Luftsäule hätte herausnehmen und eudiometrisch prüfen sollen — welches nicht geschehen ist; und dann, daß man hiebey auf den chemischen Einfluß der Elektricität so ganz vergesse. Wer weiß wie groß dieser seyn mag! Siehe die Lichtenbergische Vorrede zum Compendio.

Hygrologie und Hygrometrie.

§. 237. 238.

H y g r o l o g i e.

Erxlebens Ueberschrift: die Luft als ein Auflösungsmittel anderer Körper, ist nach den neuesten Versuchen ganz falsch. Die Luft löst nähmlich das Wasser durchaus nicht auf — was man auch dafür anführen, und so viel Anziehendes auch überhaupt das sogenannte Auflösungssystem haben mag. Man hat

lange geglaubt, und glaubt es zum Theil immer noch, daß so, wie das Gold vom Königswasser aufgelöset wird, eben so auch das Wasser von der Luft aufgelöset werde, daß es dann in derselben schwimme, und als Regen u. s. w. niedergeschlagen werde. Liest man Leroys Schrift — eines praktischen Arztes zu Montpellier, so glaubt man, es könnte durchaus nicht anders seyn. Allein er wurde selbst gegen die Auflösungstheorie mißtrauisch, und Delüc sagt von ihm, wenn er jetzt sein Buch schriebe, würde er es ganz anders schreiben.

Die Feuchtigkeit in der Luft ist ein Dampf, der bey jedem Grad von Wärme aus dem Wasser aufsteigt. Es ist Wasser, durch Feuermaterie aufgelößt, oder Feuermaterie in einem solchen Grade mit Wasser verbunden, daß dieses in Dämpfen aufsteigen, und in der Luft sich erhalten muß. So wie aus Bley ein Bleyfluß, und aus Eis Was-

ser wird, wenn sich eine gewisse Quantität Feuermaterie damit verbindet: so werden auch, bey jedem Grad der Wärme Dämpfe. Die Luft hat hiemit schlechterdings nichts zu thun; ja sie ist der Evaporation öfters sogar hinderlich. — Dieß alles gründet und bestätiget sich vorzüglich dadurch, daß auch in dem Torricellischem Vakuo Dämpfe entstehen; ja daß sogar das Quecksilber selbst in diesem Vakuo als Dampf aufsteigt. Das Erstere betreffend, darf man nur einen Tropfen Wasser über das Quecksilber im Barometer bringen und dasselbe dann der Wärme aussetzen: es werden die Dämpfe dieses Tropfens das Quecksilber nach und nach merklich herab treiben. Das Letztere sah Lichtenberg bey einem gewissen Aubert zu London, an einem Barometer mit einer Kugel oben. Er schlug nur an, so lief das Wasser in Tropfen herab. — Das Auskochen des Quecksilbers dazu ist eine gefährliche Sache.

Von dieser Ausdünstungstheorie ist Delüc der Urheber und seine vorzüglichsten Gegner sind Leroy, Saussüre und Hube. Allein er hat alle ihre Einwürfe widerlegt, und seine Meinung wird sich wohl, als die wahre behaupten. — Pictet, der doch von dem reichen und imperieusen Herrn von Saussüre zu Genf sehr abhängig ist, wenigstens seine Ungnade zu befürchten hat; sagt: die Sache ließe sich nach Delüc eben so gut erklären. Und Volta schrieb Lichtenberg, daß er die Lehre des Delüc vollkommen bestätiget gefunden habe.

Die Lehre von der Ausdünstung muß also aus dem Kapitel von der Luft ganz heraus und unter dem Nahmen Hygrologie, und nach der Lehre vom Feuer, sowie die verschiedenen Luftarten, abgehandelt werden.

§. 239.

Hygrometer.

Unsere Athmosphäre ist so erstaunend wichtig, daß wir uns nicht genug um die Bestandtheile, die in derselben enthalten sind, bekümmern können. Keiner von diesen Bestandtheilen zeichnet sich mehr aus, als die Feuchtigkeit. Die Lehre von dem Ursprung derselben und allem, was sie angeht, heißt Hygrologie. — Die Lehre von dem, wie sie bestimmt und gemessen werden soll Hygrometrie, und die Instrumente, mittelst welcher diese Messung geschieht, Hygrometer, eigentlich also Instrumente, den Dampfgehalt in der Luft anzugeben; und mithin Meßinstrumente von den allerwichtigsten Beymischungen der Luft.

Könnte man die Feuchtigkeit von der Luft genau scheiden, so könnte man sie auch

leicht bestimmen. Allein da dieß nicht angeht, so muß man auf die Veränderungen achten, welche dieselbe in der Luft hervorbringt — wie ja auch z. B. beym Thermometer geschieht. Solche Körper, an welchen die Feuchtigkeit Veränderungen hervorbringt, heißen hygroscopische Substanzen, deren es eine unzählige Menge gibt, die aber nicht alle zum Messen geschickt sind. Auch werden sie im Dienste alt, und also unbrauchbar. Das ist sehr traurig! Es kömmt also viel darauf an, solche Substanzen zu wählen, die nicht geschwind verwittern. Sie zerfallen in zwey verschiedene Classen:

1. in solche, die die Menge der Feuchtigkeit der Luft, durch Abwiegen bestimmen, z. B. wenn man reines Vitriolöhl auf einer Waage ins Gleichgewicht setzt, dann in ein feuchtes Zimmer bringt: so wird man gleich eine Veränderung gewahr werden.

2. in solche, bey welchen man auf die Veränderung ihrer Figur sieht z. B. die Stricke. Allein der Grad der Güte, womit diese den Unterschied angeben, ist erstaunend verschieden. Daher hat man genaue Untersuchungen angestellt, und bey diesen Untersuchungen haben sich vorzüglich Herr von Saussûre und Delüc ausgezeichnet.

Herr von Saussûre bediente sich bey seinem Hygrometer eines Menschenhaares. Er läßt dasselbe in einer Lauge von mineralischem Laugensalz eine halbe Stunde kochen, damit es seine Fettigkeit verliere, und Feuchtigkeit lieber annehme. Zu der Lauge nimmt er auf 1 Unze Wasser, 6 Gran Laugensalz. Die weißen oder blonden Haare sind die besten. Auch zwischen den Haaren eines Verstorbenen und Lebenden ist ein grosser Unterschied, und die letzteren sind besser. Das so präparirte Haar verändert seine Länge von der größten Tro-

ckenheit bis zur größten Feuchtigkeit um 0,024 bis 0,025 seines Maaßes. — Dieses Haar befestiget er nun innerhalb eines Gestelles von Messing A B C D (Fig. 18.) oben bey a, läßt es über die Rolle b lauffen, schlingt es um die Rolle c herum, und hängt ein kleines messingenes Gewichtchen e daran. An der Rolle c ist der Zeiger d befestiget, der nach dem silbernen Maaßstab f g hinweist. Ist die Luft feucht, so dehnt sich das Haar aus, das Gewichtchen zieht dasselbe herunter, dreht damit die Rolle um, und damit den Zeiger von 100 gegen 1 hinauf. Ist hingegen die Luft trocken, so zieht sich das Haar wieder zusammen, und damit fällt auch die Rolle sammt dem Zeiger gegen 100 zurück.

Das Null vom Hygrometer oder die allergrößte Trockenheit bestimmte Saussüre auf folgende Art. Er setzte das Hygrometer unter eine mit Quecksilber versperrte Glocke. Nun machte er ein, in Gestalt ei-

nes halben Cylinders gebogenes Eisenblech glühend, bestreute es mit einem Pulver aus gleichen Theilen Salpeter und rohen Weinstein, und erhielt nun alles so eine Stunde lang im Glühen. Hierauf brachte er das Blech, so heiß, als ohne Zerspringung der Glocke möglich war, unter dieselbe — um das Hygrometer herum, daß dasselbe ganz bedeckt wurde, und nur so viel frey blieb, daß man sehen konnte, wohin der Zeiger weiset. Das heiße Blech, besonders aber der heiße Salpeter riß nun alle Feuchtigkeit der Luft mit grosser Begierde an sich, und machte in der Glocke, in welcher er sich Stundenlang befand, die größte Trockenheit. Wo jetzt der Zeiger hinwies, da setzte Saussüre das Null an seinem Maaßstabe hin.

Um 100 oder den größten Grad von Feuchtigkeit zu bestimmen, stellte er das Hygrometer wieder unter eine Glocke, legte auf den Boden derselben einen nassen Lap-

pen, dessen Dünste die Luft in der Glocke bald saturirten, und das Hygrometer — nach seiner Behauptung — auf den höchsten Grad der Feuchtigkeit eben so gut stellte, als wenn es unter Wasser getaucht worden wäre. Wo in diesem Falle der Zeiger hinwies, da setzte er 100. — Auch ein Thermometer brachte er bey seinem Hygrometer an, um dasselbe sogleich zur Hand haben, und zu Rathe ziehen zu können.

Delüc hat gegen das Saussüresche Hygrometer viele Einwendungen gemacht, so wohl in Ansehung der Brauchbarkeit des Haares, als der Bestimmung der festen Punkte. In der ersteren Hinsicht wandte er gegen dasselbe ein, daß das Haar dabey einen ganz krummen Weg nehme, ungefähr so, wie ihn Fig. 19. zeigt. Die beste hygroscopische Substanz sey aber diejenige, welche einen geraden Weg, die schlechteste, welche einen krummen nehme, und eine solche sey die Saussüresche. — In letzterer Hin-

sicht wandte er ein, daß die größte Feuchtigkeit nothwendig durch Einsenken ins Wasser müsse bestimmt werden, und daß man die größte Trockenheit besser durch den Gebrauch des Kalks erhalte.

Er erkohr daher das Wallfischbein, das er nach der Quere der Fasern schneidet, zur hygroscopischen Substanz. Es stehet zwar in der Subtilität dem Saussüreschen Menschenhaare nach, allein er arbeitete es doch so fein, daß ein Streif von einem Fuß in der Länge nur $\frac{1}{4}$ Gran wog, und doch $\frac{1}{2}$ Unze trug, ehe es brach; und dabey hat es den grossen Vorzug, daß ein solcher Streif von 8 Zoll Länge, zwischen den Punkten der größten Trockenheit und Feuchtigkeit einen Unterschied von einem ganzen Zoll gibt. — Dieß Wallfischbeinhygrometer hat ungefähr folgende Einrichtung. Der Fischbeinstreifen A B (Fig. 20.) ist am obern Ende A in eine Art von Zange C aus breit geschlagenem und gekrümm-

ten Drathe gefaßt, und vermittelst eines dünnen Messingdrathes D an der Welle E befestiget, die dem Zeiger F auf der Scheibe G H I drehet. Das untere Ende B des Fischbeinstreifens ist ebenfalls mittelst einer Drathzange K und des Drathes M an einen beweglichen Querriegel N O des Gestelles befestiget, welcher durch die Schraube P hin und her geschoben werden kann, um dadurch den Zeiger zu stellen. — Der Fischbeinstreifen wird vermittelst einer Feder, die in einem spiralförmig gedrehten feinen Golddrathe Q besteht, und deren Wirkung Delüc dem Gewichte vorzieht, gespannt erhalten. Sie ist mit dem einen Ende R an der Welle, mit dem andern Ende S an dem Gestelle des Hygrometers befestiget und wirket auf den Fischbeinstreifen, als ein Gewicht von ungefähr 12 Gran. So wie der Streifen durch die Feuchtigkeit länger wird, verliert zugleich die Feder durch Abspannung, einen Theil ihrer Gewalt. —

Die Axe der Welle E hat sehr kleine Zäpfen, welche in eine Vertiefung des flachen Endes zweyer Schrauben laufen. Sie ist aus zwey Theilen von verschiedenen Durchmessern zusammengesetzt; der Fischbeinstreifen wirkt auf den größern, und die Feder auf den kleinern Durchmesser. — Um das Null zu bestimmen, schloß Delüc das Hygrometer Wochen lang in ein messingenes Behältniß ein, in welches er gebrannten, ungelöschten Kalk that, der alle Feuchtigkeit der Luft an sich riß. Wo nun der Zeiger hinwies, setzte er das Null hin. Und um dieß sehen zu können, ließ er in dem Behältniß ein Paar Fensterchen anbringen. Um sein 100 zu finden, tauchte er das Hygrometer ganz unter Wasser.

Delüc bezeichnete die Grade nicht so, wie Saussüre. Er setzt die größte Feuchtigkeit = 100 und die größte Trockenheit = 0; gerade umgekehrt Saussüre. — Das Saussüresche Hygrometer, welches Lichten-

berg besaß, kostete 18 Thaler; und das Delücsche 12 Thaler. Das letztere wurde von Haas, Delücs Künstler zu London, verfertiget. Sie sind äußerst mühsam zu verfertigen. Delüc lieh einmahl das Seinige Ramsden. Der zerbrach es. Da wurde er so böse darüber, daß er sogleich wegging, ohne ein Wort zu sagen.

Delüc hat das Resultat seiner zwanzigjährigen Beschäftigung mit der Hygrometrie, in zwey Abhandlungen concentrirt, die in Grens Journal Vtem Bande übersetzt sind.

Saussüres Versuch über die Hygrometrie, ist das vollständigste Werk über diese Materie. Man muß es ja lesen. Er hat die mühsamsten Untersuchungen mit einem grossen Zeitaufwand angestellet. Er hat auch eine Tafel über den Einfluß des Thermometerstandes auf das Hygrometer geliefert. Steht z. B. das Hygrometer auf 80, so steigt es um 2,4 wenn das Thermometer

um 1° fällt; steht es auf 95, so steigt es in diesem Fall um 3. Will man also wissen: wenn in Göttingen das Hygrometer auf 80, das Thermometer auf 15°, in Clausthal, das Hygrometer auf 96, und das Thermometer auf 7° steht: wo der meiste Dampfgehalt befindlich sey, so muß man suchen, wie das Hygrometer in Göttingen bey Thermometer auf 7° stehen würde. Es würde ganz nahe an 100 kommen. Man sieht also, daß, wenn man mit dem Hygrometer *messen* will, nothwendig auch das Thermometer zu Rathe gezogen werden müsse.

Eben so mühsame Versuche hat Saussüre angestellt, *wie viel Wasser eigentlich die Luft enthalte*, wenn das Hygrometer auf diesem oder jenem Grad steht. Sein Verfahren hiebey ist folgendes. Er stellte sein Hygrometer unter die Glocke, und brachte es auf den möglichsten Grad von Trockenheit. Nun ließ er bey klei-

nes Oeffnungen des messingenen Deckels der Glocke kleine nasse Läppchen in dieselbe hängen, nachdem er die Läppchen vorher gewogen hatte. Saugte die Luft in der Glocke, so viel Wasser in sich aus den Läppchen, daß das Hygrometer auf einen gewissen Grad stieg: so nahm er die Läppchen heraus, wog sie wieder, und was abging, davon präsumirte er, daß es in die Luft aufgenommen wäre. Endlich ließ er die Luft sich ganz saturiren bis das Hygrometer auf 98, also nahe an 100 stieg, wog die Läppchen jetzt wieder und fand, daß, wenn das Thermometer auf 15° stand, 1 Kubikfuß saturirte Luft, 11 Gran Wasser aufgenommen haben müsse. Stand hingegen das Thermometer auf 6°, so saturirte sich die Luft schon mit 5 Gran Wasser. — Saturiren nun 11 Gran Wasser 1 Kubikfuß Luft: so saturirt 1 Kubikfuß Wasser 50000 Kubikfuß Luft: — Lambert brauchte auch schon dieß Verfahren; aber nach seinen irri-

gen Resultaten, imprägnirte sich 1 Kubikfuß Luft, erst mit 240 Gran Wasser, weil sich sein Saitenhygrometer immer noch fortdrehte, da die Luft schon lange imprägnirt war. Er schloß nun von den Umdrehungen des Hygrometers falsch auf die Feuchtigkeit der Luft. — Durch Saussüres Versuch ist wenigstens schon der Weg zu einem genaueren Verfahren gebahnt, um zu finden, wie viel Feuchtigkeit die Luft zu dieser oder jener Zeit enthält.

Die Lehre vom Hygrometer ist in so kurzer Zeit, zur ziemlichen Vollkommenheit gediehen. Die Einwendungen eines gewissen Zylius, die Lichtenberg in ihrer ganzen Blöße darstellte, sind nicht der Rede werth. — Ein großer Vorzug des Hygrometers ist, daß man die zwey äußersten Gränzpunkte auf demselben, so genau fixiren kann. Keine trocknere Luft gibt es wohl nicht, als die man durch Kunst hervorgebracht hat, und eine feuchtere wohl nicht, als das Wasser,

in welches man das Hygrometer gesteckt hat, um den feuchtesten Punkt zu erhalten. Beym Thermometer muß man willkührliche Punkte annehmen, nähmlich den Gefrierpunkt und den Punkt des siedenden Wassers. Man weiß lange nicht wie heiß und wie kalt es werden kann. — Eben so wenig ist das Barometer fixirt.

Andere Hygrometer.

Unter den schon außer Gebrauch gekommenen Hygrometern, ist das merkwürdigste von Coventry. Er schlug Papierblättchen vor. Der Bogen davon würde so fein seyn, daß er kaum 27 Gran wäge. Lichtenberg fand die Nachricht davon in Critical Revew. Jahrg. 1788. — Zu Beobachtungen bey bewegter Luft, taugt es eben so wenig, als

Das Lowitzische. Tobias Lowitz zu Petersburg, ein Sohn des ältern

Lowitz, ging einmahl in Astrachan, bey Gelegenheit des Durchgangs der Venus durch die Sonne, an den Ufern der Wolga, da wo der Fluß Kimitschinga (Kamyschinka), bey der Festung Dmitrowsky, in dieselbe fließt, spatzieren und bemerkte eine Art von Thonschiefer, welcher die Feuchtigkeit in so hohem Grade an sich zog, daß ihn Lowitz, auf die Zunge genommen, von derselben kaum losmachen konnte. Daher gerieth er auf den Gedanken, ein Hygrometer daraus zu machen. Er schliff also zarte dünne Scheiben aus diesem Schiefer, etwa 3½ englische Zoll im Durchmesser und ½ Linie dick, und brachte eine solche Scheibe an den einen Arm einer sehr empfindlichen Waage, mit einem Gewichtchen an dem andern Arm, ins Gleichgewicht. Eine solche Scheibe trocken gebrannt, wog 175 Gran und im Wasser gesättigt 247 Gran, folglich saugte sie 72 Gran Wasser in sich. Da es beschwerlich wäre, bey jeder Veränderung der Luft,

Grane ab und zu zulegen, so brachte Lowitz an seiner Waage selbst einen Maaßstab von 72 gn, der die Stelle der 72 Grane vertrat, und sich immer von selbst ins Gleichgewicht stellte. — Unter den vortrefflichen Geschenken, womit Baron Asch im Jahr 1780 das Göttingische Universitäts-Musäum wieder bereicherte, befanden sich auch einige Scheibchen von diesem Astrachanschen Thonschiefer, deren sich der verstorbene Professer Lowitz zu einem Hygrometer bediente. Am 15. Februar 1791, erhielt Lichtenberg von Lowitz aus Petersburg ein Paar neue solche Scheiben, wozu die zwey Brüder Vogel aus der Schweitz, die von Göttingen nach Petersburg reisten, Veranlassung gaben. — Eine umständlichere Nachricht von dem Lowitzischen Hygrometer findet man im Göttingischen Magazin III. Jahrgang 4tes Stück.

Das Lambertsche Hygrometer gründet sich auf eine Darmsaite, mit einem Zeiger auf einer messingenen Platte.

Das Rezische ist völlig so eingerichtet, wie das Delücsche. Nur wird hier statt des Elfenbeins, ein Federkiel gebraucht.

Bey Delücs erstem Hygrometer, war nähmlich die hygroscopische Substanz, das Elfenbein. Dieß Hygrometer hatte die Gestalt eines Thermometers, nur daß die Kugel eine Büchse aus sehr dünnem Elfenbein und blos die Röhre von Glas war. Die Büchse, und zum Theil auch die Röhre, war mit Quecksilber gefüllt. Bey feuchter Witterung wurde nun die Büchse geräumiger, dehnte sich aus, und das Quecksilber fiel; und so wurde also durch das Fallen des Quecksilbers die Feuchtigkeit, und durch das Steigen die Trockenheit angezeigt.

Weil das Quecksilber auch eine pyrometrische Wirkung hat: so war dabey auch ein Thermometer angebracht, um diese Wirkung corrigiren zu können. Indeß weil dieß

Hygrometer unter der Campane nicht gut zu gebrauchen war, und dabey nur eine Seite des Elfenbeins mit der Luft in Berührung kam: so gab es Delüc auf, und gab dafür ein neues an. Auch bey diesem war zwar der Körper, der die Feuchtigkeit empfängt, wieder Elfenbein; aber es ist zur Dünne eines feinen Hobelspans gearbeitet, wird über messingene Rollen auf- und niedergeführt, und dreht endlich einen Zeiger. Die Wirkung der Hitze und Kälte zu corrigiren, gab er der Maschine eine, den rostförmigen Pendelstangen ähnliche Einrichtung; auch hatte er die relative Ausdehnung der dabey gebrauchten Körper, durch die Hitze und Kälte selbst von neuem bestimmt. *)

Eine andere Art von Hygrometern hat man von Stricken, welche überhaupt

*) Göttingisches Taschenbuch. Jahrgang 1778. Seite 48.

recht gute hygroscopische Substanzen sind. Man befestiget einen Strick irgendwo, läßt ihn über einige Rollen hin und her laufen, und hängt an das Ende ein Gewicht mit einem Zeiger. Je nachdem nun die Luft feucht oder trocken ist, verlängert oder verkürzt sich das Gewicht. — Bey dieser Gelegenheit empfahl Lichtenberg den Strick, der vom Johannisthurm in Göttingen zu Jäger hinunter läuft, als ein allgemeines Stadthygrometer — den Wäscherinnen. — Wie merkwürdig das Verkürzen der Stricke sey, ist oben vorgekommen. (Siehe 1. Bändch. S. 526.)

Man hat eine ungeheure Menge von Hygrometern im gemeinen Leben, die man aber besser Hygroscope nennen sollte. So z. B. das kleine Häuschen, wo ein Pärchen herauskömmt. Hinten ist eine Darmsaite angebracht. Regnet es, so kommt der Monsieur mit einem Paraplupe heraus, bey schönem Wetter die Dame. Nimmt die

Feuchtigkeit zu, so dreht sich das Ding ein Paarmahl. Da hat man also wohl darauf zu sehen, ob die Dame von hinten, oder von vorn, rückwärts oder vorwärts, mit dem positiven oder negativen Ende herauskömmt! Eine solche Art von Hygrometer, ist auch der Mönch mit der Kapuze, die er wenn es feucht ist, über den Kopf zieht.

In der Krünitzischen Encyclopädie, Band 27, werden eine Menge noch anderer Hygrometer beschrieben. *)

Am leichtesten kann man sich täglich selbst ein Hygrometer machen, wenn man zwischen zwey Stäben, einen Streifen Papier festklebt. Ist die Luft feucht, so wird er sich ausdehnen und einen Bogen machen, ist sie hingegen trocken, so wird er sich anspannen.

*) Von neuern Hygrometern siehe Fischers Wörterbuch, Gilberts Annalen und Busch's Almanach.

§. 240. 243.

Diese Paragraphen, die vom Rosten der Metalle, von der Gährung, von der Fäulniß und vom Verwittern handeln, wurden von Lichtenberg ganz übergangen; nur der Gährung gedachte er mit ein Paar Worten.

Sie entsteht, wenn man abgestorbene thierische oder vegetabilische Theile in Wärme oder im Wasser der freyen Luft aussetzt. Man bemerkt dann immer innere Bewegung; und diese wird die Gährung genannt; von welcher man drey Arten, die Weingährung, die Essiggährung und die faule Gährung, welche die Damm-Erde gibt, unterscheidet. Meistentheils gehen alle drey Veränderungen unter den erwähnten Umständen in einem Körper vor.

Künstlich zusammen gedrückte Luft.

§. 244.

Heronsball. Heronsbrunnen.

Der Heronsball (Pila Heronis) ist schon oben vorgekommen (§. 231.) Bläst man in denselben hinein, so springt das Wasser eben so zur Oeffnung heraus, als wenn die Luft um ihn herum genommen wird.

Die Einrichtung des Heronsbrunnen (Fons Heronis) ist folgende. Der ganze Brunnen besteht aus zwey Abtheilungen C und D (Fig. 21.), und die obere wird durch die Oeffnung G, vermittelst eines Trichters mit Wasser gefüllt. Wird nun in die Schüssel A B Wasser gegossen, so fließt dasselbe in die Röhre bey E hinein und kömmt unten bey F heraus, und treibt also die Luft aus der untern Abtheilung, bey

H in die Röhre H I hinein, wo sie dann bey I herauskommt, verdichtet wird, und auf das Wasser so drückt, daß dasselbe bey K in die Röhre K L dringen und oben bey L herausspritzen muß. — Es ergibt sich von selbst, daß die obere Abtheilung nicht ganz voll mit Wasser seyn kann, sondern nur bis unter die Oeffnung von I. — Nach einer andern Einrichtung des Heronsbrunnens, werden beyde Abtheilungen weiter auseinander gerückt, und deren hat man auch doppelte. Sie werden, damit sie nicht so umständlich aussehen, in einem gehörig eingemachten Kasten eingeschlossen. Eben so hat man auch einfache und doppelte Heronsbrunnen von Glas, deren Einrichtung ganz auf ähnlichen Gründen beruht. In den doppelten springt das Wasser noch einmahl so hoch.

Man hat von dem Heronsbrunnen herrliche Anwendungen bey den Bergwerken gemacht. So war zu

Schemnitz, eine auf die Einrichtung des Heronsbrunnens sich gründende Maschine, mit der man das Wasser 60 bis 80 Klafter hoch heben konnte. Die Einrichtung derselben ist kurz diese. Unten beym Wasserreservoir A (Fig. 22.) öffnet Jemand die Röhre H, damit das Wasser in den Kessel B fließe. Ist er voll, so gibt er dem, der oben bey der Röhre C steht, ein Zeichen. Der gießt nun Wasser in die Röhre. Dieß fließt in den Kessel D. Hier wird also die Luft verdichtet und durch die Luftröhre E in den Kessel B gejagt. Und so wird nun das Wasser in demselben durch die Steigröhre F in die Höhe getrieben und in die Stelle G gebracht, wo es seinen Abfluß erhält. — In einer Minute wird dieß Manövre 20 Mahl wiederhohlt, und so können also in einer Stunde mehrere Eimer Wasser hinaufgebracht werden. Die Kessel sind ganz von Metall und ausserordentlich stark. Der obere ist 5 Fuß hoch und hat 3 Fuß im Durch-

messer. Der untere ist eben so hoch, hat aber einen kleineren Durchmesser. Die Röhre C ist von Eisen und 40 bis 50 Klafter hoch. — Diese Maschinen sind sehr kostbar und die Schemnitzer ist längst eingegangen.

Segners schwimmende Fontaine (Fig. 23.) hat folgende Einrichtung. Sie besteht aus zwey Theilen, aus dem obern A B und aus dem untern C D E, der obere Theil ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt, daß man bey der Oeffnung F hinein bringt, welche hernach sorgfältig mit einem Kork verschlossen wird. Der untere Theil ist so, wie die daran befestigte Röhre hohl. Beyde schwimmen nun, oder müssen so eingerichtet werden, daß sie in dem Gefäße G H schwimmen, welches bis I K mit Wasser gefüllt ist. Die Atmosphäre nun drückt auf die Oberfläche des Wassers I K. Es dringt also bey der Oeffnung E hinein, und jagt die Luft zur Oeffnung L der Röh-

re L O heraus. Hier wird sie nun comprimirt und drückt so auf das Wasser im obern Theil, daß es zur Oeffnung M der Röhre M N hineingetrieben wird, und so oben bey N herausspritzen muß.

Die Wirkung des Windkessels in den Feuerspritzen hängt ganz von der comprimirten Luft in demselben ab. Die gewöhnlichen Feuerspritzen gehen nähmlich nicht in einem steten Strahl; es gibt aber welche, die dieß thun; und dieß rührt von der Wirkung des Windkessels her Ihre Einrichtung ist folgende. In dem Kasten A B (Fig. 24.) der auf einem Wagen steht, und voll mit Wasser gefüllet ist, befindet sich der Windkessel Q. Dieser ist mit zwey einander gerade gegenüberstehenden Stiefeln C und D verbunden, vermög deren Kolbenspiel das Wasser in den Kessel hineingetrieben wird, indem es durch die beyden Oeffnungen n und m dringet. Die beyden Ventile p und q, mit de-

nen diese beyden Oeffnungen innerhalb des Kessels versehen sind, öffnen und schließen sich wechselweise, nachdem die Kolben steigen oder fallen. Die Boden der Stiefel sind unterhalb den Kegel-Ventilen K und I mit Löchern versehen, an eben diesem Ort tritt das Wasser in die Stiefel hinein, so oft als ein Kolben gehoben wird. Die Wirkung dieser Kolben besteht dann darinnen, daß wenn sie das Wasser aus dem Kasten herbeygesauget, und die Stiefel damit angefüllt haben, sie solches alsdann in dem Windkessel durch die Oeffnungen n und m hinein treiben. Hier wird nun die Luft, weil sie, sobald das Wasser über das Loch G in die Höhe gestiegen, keinen weitern Ausgang findet, in dem obern Theil des Kessels zusammengedrängt und um so mehr verdichtet, je mehr Wasser in den Kessel tritt, da die Mündung des Loches G an sich weit kleiner ist, als die Mündungen der Stiefel, folglich mehr Wasser in dem

Kessel beysammen verbleiben muß, als davon in eben der Zeit wieder abgehen kann. Solchergestalt wird denn das Wasser ohne Unterlaß fortgetrieben, nicht allein, weil zwey Kolben vorhanden, die ihren Druck wechselweise verrichten, sondern auch deßhalb, weil die Oberfläche des in dem Windkessel eingeschlossenen Wassers von der stemmenden Kraft der eingeschlossenen und verdichteten Luft niederwärts gedruckt wird, welche stemmende Kraft beynahe fast mit eben der Gewalt wirket, als diejenige beträgt, mit welcher die Kolben niederwärts getrieben werden; so daß also das Wasser fast ununterbrochen fort, mit einerley Geschwindigkeit fortgespritzet wird, ungeachtet der unstäten und ungleichen Wirkung derjenigen Personen, die an den beyden Armen des Hebels E F beschäftiget sind.

Man kann sich die Wirkungen des Windkessels auch im Kleinen und ohne Feuerspritze sinnlich machen, durch folgende Vor-

richtung. Es sey A (Fig. 25.) ein rundes kupfernes Gefäß, B eine Oeffnung an dessen Boden, mit einem Ventil versehen. An dieser Oeffnung sey die Röhre C B angelöthet, und von oben herab gehe durch das Gefäß die Röhre D E, die bey F mit einem Hahne versehen ist, durch welchen sie geschlossen werden kann. Man bringe durch das Zapfenloch G so viel Wasser in das Gefäß, daß es ungefähr bis H zu stehen kömmt. Nun schraube man das Gefäß bey der Oeffnung B an einen Luftverdichter, mittelst welchem man die Luft in den Windbüchsen verdichtet, und pumpe Luft in dasselbe hinein. Die Luft tritt nun durch die Röhre B C über das Wasser hinauf und verdichtet sich daselbst desto mehr, jemehr man hinein pumpt. Schraubt man nun den Luftverdichter wieder ab, und öffnet den Hahn F, so treibt die verdichtete Luft das Wasser durch die Röhre E D in dem Ver-

hältniß heraus und in die Höhe, in welchem sie verdichtet ist.

§. 245.

Cartesianische Teufelchen.

Es sind dieß hohle Männchen aus Glas geblasen. Am Körper haben sie eine kleine Oeffnung, durch welche man Wasser hineinbringen kann. Man bringt gerade so viel hinein, daß sie im Wasser schweben, oder nur etwas specifisch leichter werden, als das Wasser. So bringt man sie in ein cylindrisches Glas, das voll mit Wasser gefüllt, und oben mit einer starken Blase oder Wachstaffet zugebunden ist. Drückt man nun mit dem Daumen auf die Blase niederwärts, so dringt noch mehr Wasser in die Teufelchen hinein, weil die übrige Luft in demselben elastischer ist, als das Wasser. Nun werden sie also schwerer als das Wasser, sinken folglich, schweben oder steigen

auf, je nachdem sie durch den Daumendruck auf die Blase, kommandirt werden. So bald der Druck völlig nachläßt, stellt sich die zusammen gepreßte Luft in dem Teufelchen wieder her, treibt das Wasser heraus, macht das Männchen geringer, und schwingt es wieder empor. — Bringt man mehrere solcher Teufelchen in ein Glas: so wird alles desto possierlicher.

§. 246.

Compressionsmaschinen.

Sie machen einen Theil der guten Luftpumpen aus, und sind schon oben vorgekommen. Die Verdichtung der Luft durch dieselben läßt sich berechnen und messen.

§. 247.

Windbüchsen (Tela pnevmatica).

Unsere gewöhnlichen Büchsen sind auch weiter nichts als Windbüchsen. Indeß man

nennt doch nur diejenigen Büchsen, Windbüchsen, wo die Verdichtung der Luft, nicht durch Entzündung des Pulvers, sondern durch mechanische Operationen bewerkstelliget wird. Kaiser Joseph II. wollte ein kleines Corps von Windschützen errichten; allein es unterblieb, wegen der gar zu leichten Destruktibilität der Windbüchsen.

Guericke hat durch verdünnte Luft geschossen. Dieß scheint ein Widerspruch zu seyn. Allein er verdichtete durch seine Operation die äußere Luft, und so drang dieselbe in die luftleere Röhre hinein und schlug die Kugel durch. Sein Verfahren war ungefähr folgendes. B C (Fig. 26.) ist der Lauf einer Windbüchse, an dessen unterm Ende die genau und fest passende Kugel B, an dessen obern Ende das Ventil C sich befindet. Bey D hat der Lauf eine Oeffnung und die Seite desselben ist von da an, bis zum Ventil C hohl. E stellt den Recipienten über der Luftpumpe vor. Er brachte al-

so den Lauf über die Luftpumpe, machte ihn luftleer, und so mußte natürlich die Kugel von der äußern nun dichtern Luft durch den Lauf getrieben werden. — Uebrigens sieht man freylich, daß man mit dieser Büchse nicht auf die Jagd gehen könnte! —

§. 248.

Mariottisches Gesetz.

Nach welchem Gesetze richtet sich die Verdichtung der Luft? Durch die Beantwortung dieser Frage hat sich Mariotte unsterblich gemacht. Das Resultat, das sich aus seinen Versuchen ergab, ist das weltberühmte Mariottische Gesetz, das kurz so lautet: die Dichtigkeit der Luft verhält sich, wie der Druck der darauf Statt findet — wie die Kräfte, die darauf drücken. Alles in der Welt, nur dieses nicht vergessen! Sonst glaubt

man einem gar nicht, daß man Physik gehört habe.

Mariotte nahm eine gekrümmte, 3 bis 4 Linien weite Glasröhre A B C D (Fig. 27.) deren beyde Schenkel A B und C D parallel, der eine C D von 12 Zoll Höhe und der andere A B von 8 Fuß Höhe waren. Der kurze Schenkel war bey D zugeschmolzen, der längere hingegen bey A offen. Nachdem er nun in diese Röhre bey A so viel Quecksilber gegossen, daß die Basis derselben B C ausgefüllet, und die Luft in dem Schenkel C D von der Athmosphäre abgeschnitten war: goß er in den längeren Schenkel nach und nach immer mehr Quecksilber und trieb dadurch das in der Basis befindliche, immer mehr in den kürzern Schenkel C D hinauf — beydes in folgenden Verhältnissen:

1. Wenn das Quecksilber im längern Schenkel bis auf 18 Zoll stand: so stieg es im kürzern bis auf 4 Zoll.

2. Wenn es im längern auf 34 Zoll stand: so stieg es im kürzern auf 6 Zoll.

3. Wenn es im längern auf 93 Zoll stand: so stieg es im kürzern auf 9 Zoll.

Was ist nun in Ansehung der zusammendrückenden Kräfte und in Ansehung der Verdichtung der Luft geschehen?

In Ansehung der zusammendrückenden Kräfte ist folgendes geschehen. Beym ersten Stadium drückten vor der Operation, 28 Zoll auf die Luft in dem Schenkel C D — laut damahligen Barometerstande; nach der Operation dauerte dieser Druck noch immer fort und es ist noch ein neuer von 18 — 4 = 14 Zoll hinzugekommen. Im Ganzen drücken also jetzt 24 + 14 = 42 Zoll auf die Luft in C D, und der alte Druck verhält sich folglich zum neuen, wie 28 : 42 = 2 : 3, oder der neue Druck ist $1\frac{1}{2}$ Mahl größer, als der alte.

Beym zweyten Stadium drückten vor der Operation 28 Zoll auf die Luft in C D, nach derselben 28 + 34 — 6 = 56 Zoll, und der alte Druck verhält sich also zum neuen, wie 28 : 56 = 1 : 2, oder der neue Druck ist 2 Mahl größer, als der alte.

Beym dritten Stadium, drückten vor der Operation 28 Zoll auf die Luft in C D, nach derselben 28 + 93 — 9 = 112 Zoll, und der alte Druck verhält sich also zum neuen wie 28 : 112 = 1 : 4, oder der neue Druck ist 4 Mahl größer als der alte.

In Ansehung der Verdichtung der Luft in dem Schenkel C D ist folgendes geschehen. Beym ersten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derselben den Raum von 12 — 4 = 8 Zoll. Der alte Raum verhält sich also zum neuen wie 12 : 8, und die Dichtigkeit der Luft hat

folglich zugenommen, weil die nähmliche Quantität vorhin einen größern Raum einnahm. Sie hat aber gerade um so viel zugenommen, um wie viel der Raum abgenommen hat, weil sie sich immer verkehrt, wie der Raum verhält. Mithin verhält sich die alte Dichtigkeit zur neuen wie 8 : 12 = 2 : 3 oder die neue Dichtigkeit ist $1\frac{1}{2}$ Mahl größer.

Beym zweyten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derselben, den Raum von 12 — 6 = 6 Zoll. Der alte Raum verhält sich also zum neuen, wie 12 : 6, und da sich die Dichtigkeit verkehrt wie der Raum verhält: so verhält sich die alte Dichtigkeit zur neuen, wie 6 : 12 = 1 : 2, oder die neue Dichtigkeit ist 2 Mahl größer, als die alte.

Beym dritten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derselben den Raum von

12 — 9 = 3 Zoll. Der alte Raum verhält sich also zum neuen, wie 12 : 3, und folglich die alte Dichtigkeit zur neuen wie 3 : 12 = 1 : 4, oder die neue Dichtigkeit ist 4 Mahl größer, als die alte.

Es bedarf nun wohl weiter der Erinnerung nicht mehr, daß die schönen Verhältnisse der zusammendrückenden Kräfte, und der Verdichtung der Luft, einander vollkommen gleich sind, daß also

$$28 : 42 = 8 : 12$$
$$28 : 56 = 6 : 12$$
$$28 : 112 = 3 : 12;$$

und es ist mithin ein allgemeines Gesetz; daß sich die Dichtigkeit der Luft verhalte, wie der Druck, der darauf Statt findet. Wenigstens hat es Mariotte wie aus dem eben angeführten erhellt, bis auf die vierfache Verdichtung richtig gefunden. Ja Winkler zu Leipzig, hat es gar beym

achtfachen Druck bestätiget gefunden. Er mußte also, um die Luft in den achten Theil eines 12 Zoll langen Raums zu pressen, acht Barometer Säulen über einander stellen, oder eine Quecksilbersäule von $18\frac{3}{4}$ Fuß Länge haben, und die Verhältnisse, welche er erhielt, mußten folgende seyn: 28 : 224 = $1\frac{1}{2}$: 12. Eben so hat dieß Gesetz auch der jüngere Saussüre in verdünnter Luft auf Bergen, bey einem Barometerstande von 18 Zoll bewährt. — Sulzer zu Berlin, wollte zwar etwas gegen dasselbe einwenden; aber Lambert hat ihn in seiner Pyrometrie vortrefflich widerlegt. —

Man kann das Mariottische Gesetz nach einer doppelten Formel ausdrücken:

1. Die Dichtigkeit der Luft verhält sich verkehrt, wie die Räume, in welchen sie eingeschlossen ist; oder

2. Die Dichtigkeit der Luft verhält sich wie die Kräfte, die darauf drücken; und folglich

Kräfte		Räume		Dichtigkeit
1	=	1	=	1
2	=	$\frac{1}{2}$	=	2
3	=	$\frac{1}{3}$	=	3
6	=	$\frac{1}{6}$	=	6
20	=	$\frac{1}{20}$	=	20
60	=	$\frac{1}{60}$	=	60
n	=	$\frac{1}{n}$	=	n

Noch muß folgendes bemerkt werden:

1. Wenn man in eine Glasröhre, worinn schon das Quecksilber 1 Zoll hoch stehet, noch 1 Zoll Quecksilber zugießt: so muß man ja nicht glauben, daß nun die Luft 1 Mahl verdichtet worden sey. Nein; sondern was ist geschehen? vorhin drückte die Luft mit einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule; jetzt beträgt der Druck 29 Zoll.

Gießt man 2 Zolle Quecksilber zu, so beträgt der Druck 28 + 2 Zoll = 30. Zu jedem Quantuplum der Verdichtung der Luft braucht man vielmehr den Druck einer ganzen Atmosphäre. Zu der viermahligen Verdichtung der Luft in dem Schenkel C D (Fig. 27.) mußten vier Atmosphären über einander gegossen werden. Eine = 28 war schon da, und drey neue 3. 28 = 84 kamen hinzu. Und 28 + 84 oder 4. 28 = 112. So goß Winkler eigentlich 8 Atmosphären über einander.

2. Wendet man hingegen die Röhre um: so drückt die Atmosphäre, wenn 1 Zoll nachgegossen worden ist, mit einer 27 Zoll hohen Quecksilbersäule; wenn 2 Zoll zugegossen worden sind, mit 26 Zoll u. s. w. — Man kann also sagen, durch 1 Zoll Quecksilber zusammengedrückt oder ausgedehnt.

Nun wie weit mag sich das Mariottische Gesetz aufwärts und abwärts erstrecken?

Aufwärts hat dieß Gesetz gewiß seine Grenzen. Man bedenke nur

Kraft	Raum	Dichtigkeit
1 =	1 =	1
$\frac{1}{2}$ =	$\frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$ =	$\frac{1}{2}$
0 =	$\frac{1}{0}$ =	0

Aber $\frac{1}{0}$ ist das Zeichen für das Unendliche, in der ganzen Mathematik ist $\infty = \frac{1}{0}$. Es würde also folgen, daß wo kein Druck mehr ist, die Luft sich bis ins Unendliche erstrecke. Allein dieß kann doch unmöglich der Fall seyn. Das Mariottische Gesetz muß aufwärts seine Gränzen haben, und diese Gränzen müssen da seyn, wo die Expansionskraft der Schwere gleich ist.

Abwärts hat man wohl noch durch die Erfahrung keine Abweichung von diesem Gesetze gefunden. Allein es ist a priori nicht

unwahrscheinlich, daß auch da eine Abweichung Statt haben muß. — Gelte das Gesetz nur 11 deutsche Meilen abwärts: so würden sich daraus folgende wichtige Resultate ergeben. Man denke sich einen so tiefen Brunnen, und lasse es bis ans Ende desselben wirken: so würde in einer Tiefe von 29031 Toisen die Luft so dicht seyn, als das Wasser, und also dieses auf jener schwimmen. Um dieß zu finden, darf man nur den Logarithme von 800. 28 = 22400 suchen, davon den Logarithme von 28 abziehen, und von der erhaltenen Differenz die drey letzten Ziffern abschneiden.

Also	log. 22400	=	4, 3502480
davon abgezogen	log. 28	=	1, 4471580
gibt zur Differenz		=	2, 9030900

Hieraus ergibt sich dann ferner, daß das Zinn, in einer Tiefe von 37481 *) Toi-

*) Das specifische Gewicht des Zinns ist = 7, des Silbers = 11, des Quecksilbers =

sen Silber	= =	39444	=
Quecksilber	=	40492	=
Gold	= =	41818	=

schwimmen würde. Die letztere Zahl beträgt fast 11 deutsche Meilen, weil 3808 Toisen = 1 deutsche Meile ist. In einer Tiefe also von 11 deutschen Meilen würde das Gold schwimmen, wenn das Mariottische Gesetz bis dahin gälte. Wer da einen Dukaten fallen liesse, dem fiele er nicht auf die Erde, sondern er würde schwimmen. — Im Mittelpunkt der Erde würde nichts schwer seyn.

Hierauf gründet sich die schon mehrmahls erwähnte Franklinsche Behauptung, daß die Luft der specifisch schwerste Körper

14 des Goldes = 19 angenommen. Um obige Toisen zu erhalten, muß jede dieser Zahlen mit 22400 = 800 . 28 multiplicirt und dann von dem Logarithme des Produkts, der Logarithme von 28 abgezogen werden.

in der Natur sey — und seine Theorie von der Entstehung unsrer Erde.

Da die specifische Elasticität der Luft durch die Wärme so grosse Veränderungen leidet: so versteht sichs von selbst, daß darnach das Mariottische Gesetz corrigirt werden muß. Hievon in dem Abschnitte von der Wärme, ein Mehreres. In runder Zahl nimmt man an, daß bey einer Aenderung der Wärme von 1° R. die Dichtigkeit bey gleichem Drucke, sich um $\frac{1}{200}$ ändere.

§. 249.

Wie weit geht die Verdichtbarkeit der Luft?

Diese Frage kann nicht genau beantwortet werden, weil die Versuche darüber eines Theils zu schwer, und andern Theils zu gefährlich sind. Man weiß nur, wie oft man bereits die Luft hat verdichten können.

Hales, Cabinetsprediger der Prinzeßinn von Wallis, der Mutter des jetzigen Königs, und wegen seiner physikalischen Verdienste, in der Westmünsterabtey begraben, stellte hierüber folgenden merkwürdigen Versuch an. In ein Gläschen A (Fig. 28.), das einen Deckel von Kork hatte, steckte er durch diesen Korkdeckel, eine oben verschlossene Röhre B, die 4,66 Zoll lang war. Unten bey C steckte die Röhre in Quecksilber, über welches ein bischen Terpentinspiritus schwamm, den er etwas blau gefärbt hatte. Diesen ganzen Apparat brachte er nun in eine Bombe, füllte dieselbe mit Wasser, und trieb einen tüchtigen Keil von Holz in die volle Bombe hinein, so daß am Ende das Wasser selbst durch die Poren desselben heraus drang. Natürlich wurde hiedurch das Wasser in der Bombe ausgedehnt, drang durch den Korkdeckel des Gefäßes A, und preßte die Luft in demselben immer mehr zusammen. Diese

zusammen gepreßte Luft trieb denn immer mehr Quecksilber in die Röhre B hinein, und dieses Quecksilber preßte immer mehr die Luft in der Röhre zusammen, worauf es bey diesem Versuche ankam. Wie hoch aber das Quecksilber gestiegen war, und wie vielmahl also die in der Röhre sich befindende Luft verdichtet wurde: zeigte der blau gefärbte Terpentinspiritus an, der dem Quecksilber voran in die Röhre getrieben wurde, und also den Weg bezeichnete. Als er das Gefäß herausnahm, zeigte sich durch die Spuren der blauen Farbe, daß die Luft in der Röhre, die vor der Compression $\frac{466}{100}$ Theile eines Zolls eingenommen hatte, nach derselben nur $\frac{12}{100}$ Theile eines Zolls einnahm, also $\frac{466}{12} = 38\frac{5}{6}$ Mahl verdichtet wurde.

Um dieß noch weiter zu treiben, versuhr Hales ein anders Mahl, auf die nähmliche Art, wie vorhin. Nur statt einen Keil in die Bombe zu treiben, setzte er dieselbe

einer grossen Kälte aus, die er dadurch künstlich vergrösserte, daß er Schnee mit Salz vermischt um die Bombe herum legte. Allein, weil sich das Wasser mit einer so grossen Gewalt ausdehnt, wenn es friert — wie man sich bald durch einen Flintenlauf überzeugen kann, der, wenn er mit Wasser gefüllt, an seiner Oeffnung fest verschlagen oder verlöthet und dann einer grossen Kälte ausgesetzt wird, mit großem Krachen zerplatzt: — so zersprengte die Kälte die Bombe, und damit auch das Gefäß A und die Röhre B in Stücken. Winkler berechnete aus der Kraft, mit welcher hier das Glas zerplatzte, daß die Luft 3357 Mahl müßte verdichtet gewesen seyn. Nach einer andern Rechnung kommt 1837 heraus.

§. 250.

Permanenz der Luftelasticität.

Aus dem Robervallschen Versuche auf die Dauer der Elasticität der Luft

schließen wollen: wäre sehr unphysisch und unphilosophisch. Der Verfasser führt es auch nur im Scherze an. Aber aus den Mussenbroeckischen Versuchen läßt sich wohl darauf schließen. Er verfuhr wie Mariotte mit seiner Röhre, goß immer zu, hatte Thermometer und Barometer daneben, und bemerkte keinen Unterschied der Abnahme der Elasticität in fünf Jahren.

Der Heber.

§. 252.

Begriff vom Heber.

Die Lehre vom Heber ist keine von den unwichtigen Materien, theils wegen der schönen Anwendungen, welche davon die Natur sowohl, als die Kunst zu machen weiß, theils wegen der Streitigkeiten die darüber entstanden sind, und wegen welcher eine gelehrte Societät bald auseinander ge-

gangen wäre. Ueberdieß kann man nirgends leichter, als hier, die Theorie durch die Erfahrung beleuchten. Es ist nicht schwer, die kompleteste Sammlung von Hebern zu erhalten, so daß kein einziger wichtiger fehlt, wie dieß bey Lichtenberg der Fall war. Dieß rührt von dem so leicht begreiflichen Umstande her, daß die Heber nicht viel kosten.

Das Phänomen ist bekannt, daß, wenn man das eine Ende einer krummgebogenen zweyschenklichten Röhre, ins Wasser hält, und am andern Ende saugt, das Wasser nachfolge, und zwar so lange, bis es in beyden Röhren horizontal zu stehen kömmt. Eben so ausgemacht gewiß ist es, daß dieß einzig und allein vom Druck der Luft herrührt. Man denke nur an den Stechheber, oder an jede andere Röhre in einem Gefäße. Aber es gab Personen, die es nicht vom Druck der Luft herleiteten, sondern per aliqualem cohaesionem erklären woll-

ten. *) Darüber entstanden die so eben erwähnten Streitigkeiten. Die Procedur des Saugens läßt sich sehr schön mit Sägspänen bemerklich machen, worauf Lichtenberg zufällig verfiel. — Auch werden wir sogleich sehen, daß man den Heber nicht immer durch Saugen zu füllen brauche.

---

*) Dieß war Hollman in Göttingen. Auf seinen Vorschlag wurde im December des Jahrs 1757, von der Societät der Wissenschaften daselbst, die Preisfrage aufgegeben: Zu erklären, warum der Heber im Vacuo fließe. (Siehe Götting. Anz. 1757, 147.) Indeß bald darauf zeigte Cowitz der Societät auf unterschiedene Manieren, daß Heber von gehöriger Größe, die in freyer Luft flossen, im Vacuo nicht flossen. Und so nahm sie denn, im July des folgendes Jahrs die Preisfrage zurück, und gab statt derselben eine andere auf. (Siehe Götting. Anz. 1758, 89). Mehreres hierüber, siehe Kästners Vorrede zu den Anmerkungen über die Markscheidek. Götting. 1775.

§. 253.

Anwendungen vom Heber.

Der Jordansche Heber hat die Einrichtung, wie Fig. 29. zeigt. Beyde Gefäße A und B, sowohl als beyde Röhren C und D sind mit Wasser gefüllt. Oeffnet man nun den Hahn bey m oder bey n, so fließt das Wasser aus dem andern Becher herüber und es entsteht also bey gleich langen Schenkeln ein Heber. Aber eben dadurch, daß das Wasser abläuft, entsteht erst der Heber. Der geöffnete Hahn liegt doch immer tiefer, als die Oberfläche des Wassers in dem entgegengesetzten Gefäße.

Unter den verschiedenen Lagen, die ein Heber haben kann, kann man sich auch eine solche denken, daß der längere Schenkel in den kürzeren steckte, und auf irgend eine Art daran befestiget wäre. Dieß ist denn der Fall beym sogenannten Vexierbecher

(Diabetes Heronis) aus welchem das darinn befindliche Fluidum allemahl und nur alsdann ausläuft, wenn er damit ganz gefüllt wird. In dem Gefäße A B C D (Fig. 30.) stellen nähmlich die beyden Röhren m n und o p q einen Heber vor. Die erstere oder m n die an beyden Enden offen ist, geht durch den Boden des Gefäßes. Sie ist mit der andern oder mit o p q bedeckt, welche nirgends offen ist, als bey o. Wird nun das Gefäß gefüllt, so tritt das Fluidum, dem die Luft durch n m ausweicht, nach hydrostatischen Gesetzen in den Raum zwischen beyde Röhren. Wenn es also der innern Röhre obere Oeffnung n erreicht hat, fängt die Heberwirkung an, und das Fluidum läuft zur Röhre o m heraus, so lange davon ein Tropfen im Gefäß enthalten ist. Die Schemnitzischen Becher, mit den schönen Inschriften: Was ich hier zeigen thu, ein Wunder nennen mag, bin Kupfer und war Eisen ꝛc. sind

auch auf diese Art eingerichtet. Auch hat man Vexierbecher von Glas, bey welchen der Heber eine cirkelförmige Gestalt hat. Fig. 31. stellt einen solchen vor. — Seine Einrichtung bedarf wohl keiner weitern Erklärung.

Der künstliche Brunnen, wobey eine Schlange säuft, was der Storch ausspeyet, ist eine Verbindung des Heronsbrunnen mit dem Heber, und hat folgende Einrichtung. Die zwey Gefäße A B und C D (Fig. 32.) sind mit einander durch die Stange E verbunden; das obere ist durch die Scheidewand F in zwey Abtheilungen getheilt, und die Abtheilung F B bis F B mit Wasser gefüllt — zu welchem Ende das obere Gefäß irgendwo etwa bey m eine Oeffnung haben muß. Auf dem oberen Gefäße, befindet sich das schüsselförmige Gefäß G H. Wird nun in dasselbe Wasser gegossen, und steigt dieß Wasser über den Kopf der Schlange I hinauf, so fängt die He-

berwirkung an. Durch die Röhre n o p, die einen Heber vorstellt, läuft nähmlich alles Wasser in der Schüssel G H in die Abtheilung des oberen Gefäßes A F und von hier durch die Röhre x y in das untere Gefäß C D ab. Und nun fängt die Heronsbrunnenwirkung an. Die Luft, die sich über dem Wasser in dem Gefäße C D befindet, wird durch die Röhre q r in die Abtheilung des oberen Gefäßes F B getrieben, und daselbst verdichtet. Diese verdichtete Luft drückt nun auf das Wasser F B dergestalt, daß dasselbe in die Röhre s t hinaufgetrieben und aus dem Munde des Storchs in die Schüssel gespieen wird. — Auf diese Art wird die Schüssel von neuem gefüllt; die Schlange fängt wieder zu saugen an, auf die Heberwirkung folgt abermahls die Heronsbrunnenwirkung und so immer fort.

Der kleine Springbrunnen, den man an ein Gefäß mit Wasser

hängt, hat eine Einrichtung, wie Fig. 33. zeigt.

„Man nimmt z. B. ein an 15 Zoll „hohes schmales Glas, welches bey A ver„schlossen und unten bey B in einen messin„genen Boden eingeküttet ist. Durch diesen „gehen zwey enge Röhren von etwa $2\frac{1}{2}$ Lie„nien Weite, davon die kürzere mit ihrem „zugespitzten Ende an zwey Zoll über den „Boden hervorragt, die längere aber ihre „Mündung im Boden selbst hat. Man kehrt „dieses Werkzeug um und gießt in die län„gere Röhre Wasser. Alsdann bringt man „es wieder in seine natürliche Lage, und „steckt in demselben Augenblicke die kürzere „Röhre ins Wasser: so springt das Was„ser in dem oberm Glase, und läuft zugleich „aus der längern Röhre B C beständig „heraus, so lange die kürzere noch im Was„ser steht, weil das eingegossene und wie„der herausfallende Wasser die Luft in dem „obern Glase etwas verdünnt, der Druck

„aber des Wassers in der längern Röhre „größer, und in der kürzern kleiner ist, als „der Unterschied zwischen dem Drucke der „äußern, und der im obern Glase einge„schlossenen Luft.“ *)

Der Heber, den man nicht durch Saugen, sondern durch Einblasen der Luft laufen macht, oder der Blaseheber, sieht ans, wie ihn Fig. 34. darstellt. Blos der Theil A B C stellt den Heber vor. Bey A ist ein kleines Loch, durch welches das Fluidum so hoch in den Heber steigt, als es in dem Gefäße steht. Bläst man nun bey D hinein, so treibt man das Fluidum, das sich schon in dem Schenkel A B befindet, in die Höhe, es fließt bey B über, und die Heberwirkung kömmt dadurch in Gang. Man sollte denken, durch das Loch bey A müßte alle hinein geblasene Luft effektlos

*) Aus Hube's Unterricht in der Naturlehre, 1. Band S. 272.

herausfahren. Allein diese trifft zuerst auf das Fluidum, das sich in der Röhre E A befindet, und das Loch bey A ist zu klein, als daß das Fluidum da so geschwind heraus könnte. So muß denn das Hineinblasen, die erwähnte Wirkung hervor bringen. — Ein solcher Heber ist eben keine Spitzfindigkeit. Bey einem guten Wein hat es freylich nichts zu sagen, wenn Einem beym Saugen ein Schluck davon in den Hals kömmt; wohl aber bey andern Fluidis z. B. nur beym heißen Wasser. Es ist noch eine andere Einrichtung dieses Hebers wie Fig. 35. sie darstellt. Hier muß man aber nicht zu stark bey D hineinblasen, weil man sonst doch den Mund voll bekömmt.

Auf die Theorie des Hebers gründet sich der sogenannte fons genuinae fraternitatis. Wird aus der hohlen Glaskugel A (Fig. 36.) und den drey angeschmolzenen Röhren B C D, die Luft durch Erwärmung herausgetrieben, und stellt man dann

dieselben in drey ungleich gefüllte Weingläser: so dringt der Wein durch dieselbe so lange in die Kugel hinauf und zurück bis er in allen Gläsern gleich hoch zu stehen kommt. Man könnte diesen fons besser justitiam distributivam nennen, weil er gewöhnlich das beste für sich behält, besonders wenn die Kugel groß ist, und das Fluidum in den Gläsern sehr ungleich steht. — Um ein Fluidum in zwey Gläsern auf eine ähnliche Art zu vertheilen, hat man eine Art von Vestalischem Sieb. Oben bey A (Fig. 37.) hält man den Finger drauf; die untern Oeffnungen B und C sind wie beym Sieb durchlöchert.

Zu den Anwendungen *), welche die Natur von den Gesetzen des Hebers macht,

---

*) Eine sehr sinnreiche Anwendung des Hebers im Großen, findet man beym Canal von Languedoc. „Er läuft an einigen Stellen am Abhange von Gebirgen fort; und muß daher alles von diesen Bergen

gehören wohl die Erscheinungen am **Eichner-See** im Badenschen, und am **Cirknitzer-See** im Krainschen, die bekannt-

i. abfließende Wasser aufnehmen. Um den Schaden zu vermeiden, den das Ueberströmen verursachen würde, hatte man anfangs Abzugsröschen angebracht, die durch dazu bestimmte Menschen geöffnet wurden, wenn das Wasser im Canal eine gewisse Höhe erreicht hatte; allein es zeigte sich bald, daß hiebey auf die Aufmerksamkeit solcher Menschen nicht zu rechnen sey. Man entschloß sich daher, große gemauerte **Heber** (Siphones) anzubringen, deren höchster Punkt sich im Niveau des höchsten Standes, den das Wasser im Canal erreichen sollte befand, und deren kurzer Schenkel bis auf den Boden des Canals, der längere am Abhange des Gebirges herabging. Diese Heber würden, so bald sie sich einmahl gefüllt hätten, nicht eher zu fließen aufhören, als bis der ganze Canal ausgeleert wäre, hätte man nicht die Vorsicht gebraucht, im kürzeren Schenkel, im Niveau der gewöhnlichen Wasserhöhe, eine Oeffnung anzubringen. So bald daher die Heber das Wasser so weit abgeführt ha-

lich bey starkem Regenwetter ganz trocken werden. Sie stellen den Vexierbecher im Großen vor. Man muß nur nicht immer an gegossene oder gedrechselte Röhren denken; so wie man ja auch beym Sand und beym Löschpapier an keine künstlich verfertigten Haarröhrchen denken darf. — Es stelle A B (Fig. 38.) den See und C D E einen daran befindlichen Canal vor. Steht nun das Wasser im See, bey trockener Witterung bis F, so steht es im Canal bis G und es kann kein Abfluß des Wassers erfolgen. Aber bey starken Regengüssen steigt das Wasser im See bis H, folglich auch über den Rücken des Canals D, und nun beginnt die Heberwirkung und das Wasser fließt ganz ab. — Solcher Canäle kann es natürlich mehrere geben.

---

ben, daß es bis zu dieser Höhe herabgesunken ist, schlüpft zu dieser Oeffnung Luft hinein; und im Augenblicke hört die Wirkung des Hebers auf." Gilberts Annalen XIX Band 1. St. p. 141.

§. 254.

Gränze der Heberwirkung.

Es wollte einmahl Jemand in Göttingen — der obige Hollmann — behaupten, daß man das Wasser von Hebertshausen über den Hainberg, welcher 500 Fuß hoch ist, nach Göttingen, in einer Heberröhre per aliqualem cohaesionem bringen könne. — Darüber ist nun kein Wort mehr zu verlieren.

Eben so wenig kann man dem Wasser durch den Heber einen höhern Fall geben, als es von Natur hat. Es sey z. B. A (Fig. 39.) ein Berg, B ein Thal oder eine Ebene, wo man einen Springbrunnen haben wollte, zu welchem der Teich C das Wasser hergeben sollte. Der Fall desselben wird durch den Heber D nicht verstärkt; denn das Wasser fängt erst bey E zu fallen an; D E kömmt in keinen Betracht.

Wäre die Oeffnung bey E, so würde gar nichts heraus fließen, weil die Oeffnung so hoch wäre, als der Teich. Die Höhe bleibt immer E B.

§. 255.

Heberwirkung im luftleeren Raum.

Der Apparat zu dem Versuche mit dem Heber im luftleeren Raum, hat folgende Einrichtung. Die Hauptsache ist das Glas A, (Fig. 40.) welches mit Wasser gefüllet ist. Durch dasselbe geht der Heber B in das Gefäß C. D und E sind Barometer, jenes ein Wasserbarometer, dieses ein Quecksilberbarometer. So wird die ganze Geschichte unter die Glocke F gebracht. Ist nun die Luft tüchtig ausgepumpt: so schiebt man den Stöpsel G in das Glas A hinunter, so daß also das Wasser über den Rücken des Hebers B treten muß. Nun

sollte es also ganz auslaufen, wie in der freyen Luft geschieht. Aber das geschieht nicht, und geschieht nie, wenn der Versuch gehörig angestellt wird, d. h. die Luftpumpe gut, und der Heber nicht zu eng ist.

Das Barometer und Manometer.

§. 256.

Begriff vom Barometer.

Das Wort Barometer kömmt bekanntlich von βαρος die Schwere und μετρον das Maaß her, und bedeutet also einen Schweremesser, nähmlich der Luft, welches Wort man sich hinzu denken muß, so wie bey Thermometer, Hygrometer u. s. w. — Allein das Barometer mißt nicht nur die Dichtigkeit der Luft, sondern auch ihre Elasticität; folglich ist es eigentlich ein Luftdruckmesser, weil der Druck der Luft sowohl von ihrer Dichtigkeit, als Ela-

sticität herrührt, und man würde es also am besten Elaterometer nennen.

Man hat diesem herrlichen und präcisen Instrumente auch den einfältigen Nahmen: Wetterglas gegeben, und noch dazu oben die abscheulichen Zettel beygefügt. Schade, daß man dieselben nicht etwas länger macht und auch den jüngsten Tag darauf anbringt, den die Barometer so gut, als das Wetter angeben könnten! Indeß kann man doch über das letztere folgendes merken. Wenn das Barometer hoch steht und es heiß ist, so kann man sicher schließen, daß es nicht eher schlecht Wetter werden wird, als bis es fällt, und umgekehrt, wenn es gefallen ist und regnet, so wird es nicht eher schön, als bis es steigt. Ferner ist es auch eine sichere Regel: Wenn das Barometer auf der See fällt, so entsteht ein Sturm. — Uebrigens haben auch die Winde großen Einfluß auf das Barometer.

Die erste Ursache des Steigens und Fallens des Quecksilbers im Barometer ist eines der schwersten Probleme in der ganzen Physik. Man hat auf 16 bis 17 Hypothesen. Herr Delüc hat die 18te angegeben, aber am Ende wieder zurückgenommen. Es versteht sich von selbst, daß hier von der an der Wand stille hängenden Quecksilberröhre die Rede sey. Denn freylich, wenn man das Barometer auf den Hainberg bringt, und oben das Quecksilber um 6 Linien fällt: so kann man sich dieß Fallen leicht erklären. Eine vorzügliche Schwierigkeit bey der Erklärung, macht der Umstand: daß das Barometer zwischen den Tropicis z. B. zu Pondichery — wo es, betreffend das Wetterglas, doch auch regnet, ganz stille steht; hingegen je näher man zu den Polen kömmt, es desto mehr steige und falle. In Göttingen beträgt der Spielraum des Steigens und Fallens, das Jahr hindurch 2 Zoll. —

Doch dieß alles gehört nicht hieher, sondern in die Meteorologie.

§. 257. 258.

Höhemessung des Quecksilbers im Barometer.

Es sey Fig. 41. ein Barometer, in der Röhre desselben stehe das Quecksilber bey 28 und in dem Gefäße bis o: so darf und kann man nirgends als bey o zu zählen anfangen. Was unter o sich von Quecksilber in dem Gefäße befindet, wird natürlich nicht von dem Drucke der Luft erhalten.

Allein hier sieht man gleich, wie unrichtig der Maaßstab seyn müsse, der bey den gewöhnlichen Barometern oben angebracht ist. Der Punkt von welchem an, jederzeit gemessen werden muß, ist ja immer veränderlich. Es soll nähmlich das Quecksilber in der Röhre um $\frac{1}{2}$ Zoll steigen, also auf $28\frac{1}{2}$ stehen: so muß es natürlich

in der Büchse sinken und die Nulle wird also verändert und etwa bis m herabgebracht werden. Folglich beträgt jetzt die Barometerhöhe mehr als 28½ Zoll, und die Höhe des Quecksilbers wird jetzt also zu groß angegeben. — Umgekehrt, fällt das Quecksilber in der Röhre um ½ Zoll, steht es also auf 27½: so muß es in der Büchse steigen, und die Null wird wieder verändert und etwa bis n hinaufgebracht werden. Folglich beträgt jetzt die Barometerhöhe weniger als 27½ Zoll, und die Höhe des Quecksilbers wird jetzt also zu klein angegeben. Die letzte Periode §. 258 bey Erxleben ist Vielen unverständlich. Man denkt nähmlich bey den Worten: „bey dem Fallen desselben" und „bey dem Steigen", an das Fallen und Steigen des Quecksilbers in der Röhre. Aber dieß wird nicht gemeint, sondern vielmehr das Steigen und Fallen des dorti-

gen Cylinder des Quecksilbers in der Büchse.

§. 259.

Delücsches Barometer.

Man hat dem eben erwähnten Uebel der Kapselbarometer dadurch abzuhelfen gesucht, daß man die Büchse oder Kapsel recht groß machte; und für das gemeine Leben ist diese Abhülfe auch hinreichend genug. Allein bey subtilen Versuchen, z. B. bey Höhemessungen der Berge, ist sie doch nicht hinlänglich. Man hat daher den Heberbarometern den Vorzug gegeben. Und unter diesen verdient unter allen das Delücsche den größten Beyfall und die größte Aufmerksamkeit.

Fig. 42. stellt dasselbe vor. Es besteht aus einer gekrümmten, oben verschlossenen, unten offenen Röhre, die auf einem Brette befestiget wird. Die Röhre ist in ihrer per-

pendikulären Höhe ungefähr 34 Pariser Zoll lang, und mit einer doppelten Scale versehen. Das Null kann wo immerhin gesetzt werden, so wenig dieß auch einige Leute begreifen können. Delüc stellte es gewöhnlich an den siebenten Zoll von unten hinauf; zählt von da an 22 Zoll aufwärts am längern Schenkel und 7 Zoll abwärts am niedern Schenkel. Die Zolle sind in Linien, und diese mit rothen Strichen in Viertel getheilt, welche das Auge leicht noch einmahl in Viertel theilen, und so also Sechzehntheile der Pariser Linie unterscheiden kann. Die Angaben beyder Scalen werden addirt. Steht z. B. wie in der Figur, B bey 22, C bey 6 Zoll, so ist die ganze Höhe von B über C, also die eigentliche Barometerhöhe = 28 Zoll. Fiele B z. B. auf einem Berge auf 18 Zoll herab, so müßte es in C auf 2 Zoll steigen, und die Barometerhöhe wäre dann = 20 Zoll.

Die Vorzüge dieses Barometers bestehen:

1. In der größten Präcision, welche nur immer einem Instrumente gegeben werden kann. Der vorhin erwähnte Fehler der Kapselbarometer wird dadurch gänzlich gehoben. Zu dem Ende sind die beyden Schenkel der Röhre, auf das genaueste gleich calibrirt.

2. In der leichten Transportabilität. Wie Herr De Lüc den Harz bereiste, schnallte er ein solches Barometer an das Pferd seines Kerls, und es wurde nicht im mindesten etwas daran beschädiget.

3. In der verhältnißmäßigen Wohlfeilheit. Man kann das beste für 3 Louisd'or haben. Das, welches Lichtenberg besaß, wurde von Schröder verfertiget. —

Die einzige Unbequemlichkeit bey diesem Barometer ist die doppelte Operation des Zählens. Aber für so viele Vorzüge

kann man sich wohl diese Unbequemlichkeit gefallen lassen.

§. 260. 261.

Versuche, die Barometer empfindlicher zu machen.

Weil der Unterschied des Steigens und Fallens des Barometers, nur zwey Zolle beträgt: so hat man lange vor Delüc die Barometer auf verschiedene Weise empfindlicher zu machen gesucht. Hieher gehört zuvörderst, das Morlandsche Barometer, woran der obere Theil der Röhre in einem schiefen Winkel gebogen ist. Fällt oder steigt das Quecksilber: so muß es in dieser schiefen Röhre einen beträchtlichen Raum zurücklegen und dadurch die Grade bemerklich groß angeben.

Hooks Radbarometer könnte auf einem Stadtthurm für die Wäscherinnen angebracht werden. Auf dem Quecksil-

der schwimmt ein Gewichtchen, welches an einem über einer Rolle geführten Faden, von einem am andern Ende desselben hangenden Gewichte beynahe im Gleichgewichte erhalten wird. An der Achse der Rolle ist ein Zeiger befestiget. Je nachdem nun das Quecksilber steigt oder fällt, steigt oder fällt auch das darauf schwimmende Gewichtchen. Dadurch kommt nun die Rolle in Bewegung und mit derselben der Zeiger, und so wird auf einem in Grade getheilten Kreise das Steigen und Fallen des Quecksilbers angezeigt. — Lichtenberg sah ein ähnliches Barometer in dem Zimmer des Königs von England mit aller Pracht angebracht. Vom Barometer war gar nichts zu sehen. Nur in der Tapete war ein Bogen ausgeschnitten, so wie beym Calendario perpetuo. Doch war es eigentlich kein Hookisches Radbarometer.

Die sinnreichste Empfindlichkeit hat Amontons vorgeschlagen. Hier ist gar kei-

ne Büchse, und es ist in der Haushaltung gar sehr zu empfehlen. Zu Höhemessungen der Berge taugt es freylich nicht. Die Röhre ist nicht cylindrisch, sondern konisch. Wäre sie cylindrisch, so würde das Quecksilber bey steigendem Barometer bis oben an steigen und dann stehen bleiben, und bey sehr fallendem Barometer würde unten etwas davon herausfallen. Wie nun diesem allen durch die Kegelförmigkeit abgeholfen wird, sieht man leicht. — So bald die Röhre gefüllt ist, sucht sich die Säule die Stelle von 28 Zoll selbst. Soll es nur um einen Zoll steigen, so wird die Anzeige sehr präcis, weil nur das Quecksilber in der dünnern Röhre so sehr seine Lage verändert. Man denke sich nur ein solches Barometer, so hoch wie der Jakobithurm, was würde das für eine Präcision geben! — Für das Herausfallen des Quecksilbers ist doch niemanden bange? Auf der See ist dieß Barometer von unendlichem Nutzen und Gebrauch,

weil man sich da, wegen des vielen Schaukelns, mit den Büchsen nicht gut abgeben kann. Deßwegen heißt es auch das Meerbarometer. — Es ist schon oben erinnert worden, daß, wenn das Quecksilber auf der See schnell fällt, immer ein Sturm erfolgt: und daraus wird man um so mehr die Nützlichkeit eines recht empfindlichen Barometers auf derselben einsehen.

Das Johann Bernoullsche sogenannte rechtwinklichte Barometer, das oben mit einem cylindrischen Gefäße versehen ist, in welchem das Quecksilber steigt und fällt, unten aber, anstatt ein Gefäß zu haben, sich in eine enge horinzontale Röhre endigt — hat zwar große Empfindlichkeit. Denn wäre z. B. der Kolben oben zehn Mahl größer, so würde dieß unten eine zehn Mahl größere Distanz geben. Aber zu präcisen Versuchen taugt es gar nicht. Die untere horizontale Röhre muß nähmlich sehr enge seyn, damit das Quecksilber in derselben

nicht aus einander laufe. Aber eben dieß verhindert auch, daß es daselbst nicht recht nachkommen kann, wenn es oben in dem Kolben steigt oder fällt.

Huygens hat das Barometer auf folgende Weise empfindlicher zu machen gesucht. An den beyden Enden einer heberförmig gebogenen Röhre — weßwegen dieses Barometer den Nahmen eines Doppelbarometers erhalten hat — sind zwey gleich große Gefäße angeschmolzen. So wie das Quecksilber in dem einen steigt oder fällt, steigt oder fällt es auch in dem andern. Ueber dem letztern befindet sich nun noch eine enge oben offene Röhre, und in diese wird Spiritus Vini gegossen, der also bis auf die Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäße zu stehen kommt. Wird daher aus diesem Gefäße ein Zoll Spiritus Vini herausgejagt: so nimmt er in der engern Röhre einen viel größern Raum ein. — Indeß auch diese Einrichtung taugt

nichts. Der Spiritus Vini verdampft und die Röhre muß doch offen bleiben.

Man hat Barometer, die nicht 28 Zoll hoch sind; aber natürlich sind sie breiter. Sie bestehen aus verschiedenen mit einander zusammengefügten Röhren, die wechselweise mit Quecksilber und mit Spiritus Vini gefüllt sind. Auf diesen Einfall ist Fahrenheit gerathen, und daher heißt ein solches Barometer ein Fahrenheitsches. Man sollte es lieber das abgekürzte Amontonssche Barometer nennen, weil Amontons lange vor Fahrenheit dieselbe Einrichtung angegeben hat.

Von allen diesen Versuchen, die Barometer empfindlicher zu machen, urtheilte Lichtenberg, daß sie entweder die starken Veränderungen des Barometers vergrößern — welches nicht nöthig ist, und die kleinen, die man gerade nöthig hätte, gar nicht anzeigen, oder daß sie beyde gänzlich verstellen.

Das kostbarste und prächtigste Barometer, das Lichtenberg je gesehen, und das vielleicht je gemacht wurde, war das zu London in Coxes (eines berühmten reichen Künstlers und Juwelenhändlers) Museum. Lichtenberg hat damahls — im Jahr 1775, dem Hofrath Kästner eine Nachricht nach Göttingen geschickt, und dieser ließ dieselbe in die Göttingischen Anzeigen von gelehrten Sachen (Jahrg. 1775, St. 95.) einrücken. — Das Cabinet war in einem großen Saal aufgestellt, der vorher ein Tanzsaal war. In der Mitte stund ein Tempel, der auf sechs korinthischen Säulen ruhte — deren Stamm von braunen Holz und oben die Verzierung und das Laubwerk mit Elfenbein ausgelegt war. In der Mittt dieses Tempels hing nun das Barometer, das 300 Pfund Quecksilber enthielt. So wohl die gläserne Schüssel, in welcher sich dasselbe befand, als die große dicke Röhre, in welcher es stieg und fiel, waren an Ketten

gehängt. Fiel das Barometer, so vermehrte sich das Quecksilber in der Schüssel, und sie sank sammt den Ketten, an welchen sie hing. Stieg hingegen das Barometer, so wurde die Röhre schwerer und nun sank diese mit den Ketten, an welchen sie hing, und die Schüssel stieg mit ihren Ketten. — Durch dieses Steigen und Sinken der Ketten wurde eine, oben am Tempel angebrachte Uhr, durch einen künstlichen Mechanismus von selbst aufgezogen, ohne daß sich Jemand darum bekümmern durfte. Man nannte deßwegen diese Uhr ein Perpetuum mobile.

Außerdem — um dieß im Vorbeygehen anzuführen, zeichnete sich in diesem berühmten Cabinet noch folgendes aus. Erstens, ein aus Metall gearbeiteter, stark im Feuer vergoldeter Elephant, mit einem durch lauter Ringe und Räder zusammengesetzten Rüssel, mit welchem er durch bloßen Mechanismus, Aepfel und andere Dinge aufhob. Zweytens: Bäume, auf welchen

Schlangen herumkrochen, und Brillanten wie ein Kopf groß hingen. Ferner, ein großer, aus Silber gearbeiteter Schwan, an dem man von Ferne durch den matten Silberglanz und Falten, die Federn ruhen und sich sträuben sah. Auch in der Nähe mußte man die feine Federarbeit bewundern. Durch einen bloßen Mechanismus schlug er mit seinem Schnabel den Takt zu einer Musik, die auch mechanisch war, drehte seinen Hals auf und nieder, wandte sich gegen einen Spiegel, der vor ihm stand, und zog sich über sein eigenes Bild erstaunt schnell zurück. Endlich das Bild des Königs und der Königinn. Jedes Bild hatte eine Strahlenglorie um sich, und jeder Strahl bestand aus einem fein gewundenen Glasröhrchen, deren längstes etwa 4 Fuß lang war. Alle diese Strahlen drehten sich durch einen eigenen Mechanismus um ihre Achse, und da hinter den Bildern, bald ein rothes, bald ein gelbes, bald

ein grünes Licht angebracht war: so wurde dieß mannigfaltige Licht, von den sich umdrehenden Glasstrahlen aufgefangen, und herrlich refraktirt. Da die Strahlen schraubenmäßig gewunden waren: so wallte an jedem Strahle das Licht allmählig immer harmonisch höher, so wie er sich drehte. Das war ein rechter Bauern-Himmel! Man glaubte in ein Zimmer zu kommen, wie sie in Tausend und einer Nacht beschrieben werden. — Uebrigens ließ Coxe diese Kunstwerke für Ostindische Nabobs verfertigen. Allein sie blieben ihm zurück. Und da erhielt er die Erlaubniß eine Lotterie darüber anzukündigen, und sie vorher zur Schau auszustellen. Die Entree betrug 5 Schilling. Alles war zwar im chinesischen Geschmacke, aber mit enormer europäischer Kunst gearbeitet.

Ein Baromergraph ist ein Barometer, der seine Veränderungen zugleich selbst aufzeichnet, und, darnach man ihn ein-

richtet, Monathe oder Jahre lang sein Register darüber führt. Es ist um solche Barometergraphen eine gar gute Sache. Es können sich nähmlich z. B. um Mitternacht große Veränderungen am Barometer zutragen, die Niemand beobachtet. Lichtenberg hat ein solches Barometergraph zu London im Zimmer des Königs gesehen, das ungefähr folgende Einrichtung hatte. Auf eines Heberbarometers Quecksilber A (Fig. 43.) ruht das Stift B, eben so wie bey dem Hookschen Radbarometer das Gewichtchen. Der Stift ist an einigen Stellen in Ringe eingeklappt, damit er nicht hin und her wackeln kann. An der Spitze dieses Stifts bey C ist ein Bleystift horizontal angebracht, das die Verschiedenheiten des Barometers anzeigen würde, wenn man das Barometer in einer gleichförmigen horizontalen Richtung längst der Wand, hin uud her führen würde; denn fiele das Barometer, so würde das Bleystift höher, und stie-

ge es, so würde es tiefer anschreiben. — Anstatt nun das Barometer hin und her zu führen, ist folgender Mechanismus angebracht. Es ist mit einem Uhrwerke ein Rad verbunden, welches eine Scheibe, deren Centrum E ist, mit sich herumführt. Nachdem nun das Barometerregister länger oder kürzer in einem fort geführt werden soll, bekömmt das Rad die Einrichtung, daß es sich in einem Monath oder in einem Jahr ein Mahl herumdreht. Diese Scheibe dient nun dem Barometerstift zur Wand, an welcher es seine Veränderung, wie z. B. bey f aufzeichnet. Theilt man die Scheibe in 12 Theile ein, und dreht sich dieselbe in einem Jahr herum, so kann man den Barometerstand in jedem Monath vergleichen. — Das Stift ist nicht das schicklichste Instrument zum Aufzeichnen. Es kann stumpf werden, oder zuweilen gar nicht schreiben. Deßwegen hat Changeux eine Art von Hämmerchen angebracht, das jede Sekunde

auf eine Nadel schlägt, welche so auf der Scheibe Löcher macht, nach welchen man denn hernach leicht eine Linie ziehen kann. — Man kann das nähmliche Papier auch im zweyten Jahre auf der Scheibe lassen, und darf nur ein anderes Bleystift anbringen, oder die Linie mit einer andern Farbe ziehen: so kann man aus den Gränzen, wo sich die verschiedenen Farben kreuzen, den Barometerstand beyder Jahre schön vergleichen. — Man sieht also, was es für ein herrliches Ding um so ein Barometergraph ist! Man kann eine Menge von Beobachtungen durch mehrere Jahre leicht vergleichen, und so vielleicht auf Gesetze der Barometerveränderungen kommen. Siehe darüber Gothaisches Magazin, I. Th. S. 105.

§. 262.

Verfertigung der Barometer.

Die Anweisung dazu gehört nicht in die Physik. — Bey den gewöhnlichen Ba-

rometern ist freylich nicht viel an der genauen Calibrirung der Röhre gelegen; wohl aber bey dem Delücschen, bey welchem alles in allen darauf ankömmt.

§. 263.

Mano = oder Dasymeter

Ist ja mit dem Barometer nicht einerley. Was das Manometer zeigt, kann kein Barometer zeigen. Er zeigt nähmlich, wie, und um wie viel die Luft verdichtet worden ist.

Das Varignonsche Manometer taugt gar nichts. Würde sich z. B. unsere Atmosphäre in inflammable Luft, die sich in Ansehung der Dichtigkeit zur gemeinen, wie 1 : 15. verhält, verwandeln, aber ihr Gewicht, in Summa nähmlich beybehalten: dieses Manometer würde völlig stehen bleiben, und nicht die geringste Veränderung angeben.

Das beste Manometer bleibt noch immer das Guerickische. Man bediente sich dazu, der so äußerst empfindlichen Ramsdenschen Waage. (Siehe 1tes Bändch. S. 181.) An dem einen Ende des Waagbalkens hängt eine große Glaskugel, an dem andern ein so kleines Gegengewicht als möglich, also von Bley. Dieß verliert so viel von seinem Gewichte, als die Luft wiegt, welche sie aus der Stelle treibt, u. s. w.

Von der Gerstnerschen Luftwaage wurde das Buch nebst dem Kupfer herumgegeben. — Gruber hat auch ein sehr schönes Manometer angegeben. Siehe darüber Grens älteres Journal IV. Seite 754. *)

---

*) Von dem Krampschen Manometer, das in dem gewöhnlichen Nicholsonschen Aräometer besteht, auf den Fall angewendet, wo der Körper, dessen specifisches Gewicht untersucht werden soll, die äußere Luft ist, konnte bis zum Jahr 1796 noch

Mit dem Manometer kann man auch sehr gut die Höhen der Berge messen.

Vom Schalle.

Wieder ein Abschnitt, der nicht ganz am rechten Orte steht. *)

---

nicht die Rede seyn, eben so wenig, als vom Saussüre - Berthollet'schen, das zugleich die Veränderungen in der Elasticität und in der Zusammensetzung einer gegebenen Luftmenge zeigt. Siehe über das erstere Hindenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik, 2 Bde, 8tes und 10tes Heft; und über das letztere Gilberts Annalen, B. 27, p. 121.

*) Chladni sagt: „Es sollte nähmlich die Klanglehre nicht, wie gewöhnlich, bey der Lehre von der Luft abgehandelt werden; denn jeder andere elastische Körper kann ebenfalls klingen, oder einen Klang fortleiten; es würde also schicklicher seyn, sie bey der Lehre von der Elasticität, oder von den Pendelschwingungen, oder bey der Lehre

Er gehört nur in so ferne in das Kapitel von der Luft, in wieferne diese, theils selbst ein schallender Körper, theils ein so vorzüglich schallfortpflanzender Körper ist.

§. 264.

Begriff vom Schalle.

Wenn man zwey Körper an einander schlägt, so gerathen sie dadurch in eine gewisse zitternde oder schwingende Bewegung. Diese Bewegung veranlaßt in unserm Gehörorgan eine Empfindung, und diese Empfindung nennt man den Schall. Die zitternde Bewegung bemerkt man am besten,

---

von der Bewegung überhaupt, vorzutragen, indem jede mögliche Bewegung entweder fortschreitend, oder drehend, oder schwingend (motus progressivus, rotatorius, vibratorius) ist, unter welche letztere Art der Bewegung jeder Schall und Klang gehört." Hindenburg Archiv. 1tes Heft, 1794. Seite 125.

z. B. bey einer mit Wasser gefüllten Schale, an welche man schlägt; bey einer an einem Ende befestigten Stahlfeder, deren anderes Ende man zur Seite legt, und wieder los läßt; bey einer gespannten Saite, die man in der Mitte angreift, und loslassend — in die Höhe zieht.

Schall, das Genus von allem, ist also jede hörbare Bewegung zweyer Gegenstände gegen einander. — Diese Bewegung kann entweder unregelmäßig oder regelmäßig seyn. Jene nennt man ein Geräusch (Getöse, Gemurmel, u. s. w.) Diese aber, bey welcher immer in gleichen Zeiten gleich viele Schwingungen erfolgen, einen Klang.

Geräusch ist also jede Art von Schall, der durch unregelmäßige Erschütterung entsteht; Klang hingegen ist derjenige Schall, der durch regelmäßige Erschütterung hervorgebracht wird. — Ton ist Klang in Rücksicht auf Höhe und Tiefe, also in Absicht auf Spannung.

Da das Wesen des Schalles in einer hörbaren Bewegnng zweyer Gegenstände gegen einander besteht, so ergiebt sich daraus von selbst, daß er nur unter folgenden Bedingungen möglich sey:

1tens, daß zwey Körper gegen einander beweget werden, und daß

2tens, diese Bewegung auf irgend eine Art bis zu unserm Ohr fortgepflanzt werde.

§. 265.

Fortpflanzungsmittel des Schalles.

Daß die Luft, da sie ein so äußerst elastischer Körper ist, ein ganz vorzügliches Fortpflanzungsmittel des Schalles sey, ist wohl über allen Zweifel gewiß. Aber nur muß man nicht glauben, daß sie das einzige Fortpflanzungsmittel desselben sey, und daher das Wesen des Schalles nicht schlecht-

weg; wie Erxleben thut, in der Bewegung der Luft suchen.

Nahmentlich pflanzt das Wasser den Schall außerordentlich fort. Franklin ließ eine englische Meile = 5280 englische Fuß, lang, unter der See Kiesel zusammenschlagen, und hörte den Schall sehr nahe. Man braucht ja nicht den Kopf unter das Wasser zu stecken, sondern kann Instrumente dazu brauchen. — So pflanzt auch das Holz den Schall fort. Wenn man mit einer Nadel an einen Mastbaum kratzt, und das Ohr an die entgegengesetzte Seite hält: so hört man den Schall. Hier kann doch wohl nicht die Luft die Ursache davon seyn. — Eben so ist auch das Eis ein vortreffliches Fortpflanzungsmittel des Schalls. Es ging einmahl Jemand auf der Newa bey Petersburg auf dem Eise spazieren. In Kronstadt wurden Kanonen gelöst. Er hörte dieß vermittelst des Eises, zuerst in einem wilden, zischenden Getöse. Später erst kam

der ordentliche Schall durch die Luft nach. Hätte man nun die Kanone können abfeuern sehen: so hätte man recht schön berechnen können, um wie viel der Schall durch das Eis schneller fortgepflanzt wurde, als durch die Luft. — Die Nachricht hievon findet sich im 3ten Bande der Edinburger Transactions, unter dem Titel: Guthrie's Abhandlung über das Klima von Rußland.

Franklin glaubt sogar, daß der Schall auch im luftleeren Raume fortgepflanzt werden könne. „Der Versuch unter der Luftpumpe — sagt er — beweist nichts. Ihr wißt ja nicht, ob darinnen kein Schall war; ihr habt ihn nur nicht gehört. Vorhin drückte oben und unten die Atmosphäre die Luft. Jetzt fällt das weg. Es ist gerade so, als wenn man eine Glocke mit der Hand anfaßt. Wenn man die Luft stark verdichtet, so schallt es ja eben so wenig. Hier sollte es doch stärker schallen; allein

gerade umgekehrt." — Man hat diesem Einwurf — über welchen man ja nicht spotten muß — mühsam vorzubeugen gesucht, und deßhalb einen eigenen Apparat für die Luftpumpe erfunden, um ihn zu widerlegen. Aus der großen Glocke A (Fig. 44.) wird die Luft weggenommen; in der kleinen B befindet sich Luft, und ein metallenes Glöckchen C, das vermittelst des Stiftes D, in Bewegung gesetzt werden kann.

Man hört nichts von einem Schall. — Allein Franklin antwortete: Dieß hebt meinen Einwurf gar nicht; die Sache ist ja noch immer wie vorhin; die Glocken sind noch immer genirt.

§. 266.

Schallende Körper.

Die Körper, welche durch ihre Bewegung gegen einander Schall erregen, wer-

den schallende Körper genannt. Die Luft, als ein so ausnehmend elastischer Körper, behauptet auch unter diesen einen vorzüglichen Rang. Aber da alle Körper Elasticität, mehr oder weniger besitzen, so sind auch alle, mehr oder weniger schallende Körper.

§. 267.

Wie die zitternde Bewegung der Körper zu unserm Ohr gelangt.

Um die Fortpflanzung der zitternden Bewegung eines schallenden Körpers durch die Luft zu erklären, nimmt man an, daß durch die Schwingungen desselben die umgebenden Lufttheilchen u. s. w. abwechselnd zusammengedrückt werden, und sich vermöge ihrer Elasticität wieder ausdehnen; bis sie endlich unser Ohr erreichen. — Uebrigens findet dieß nach allen Seiten und

Richtungen Statt, so, daß man sich den schallenden Körper immer in einem Mittelpunkte denken muß, von welchem aus, der Schall sich in eine Kugel verbreitet. — Da eine Bewegung, wie die beym abwechselnden Zusammendrücken und Ausdehnen der Lufttheilchen, eine *wellenförmige* heißt: so werden die Lufttheilchen, wo sie immer am dichtesten sind, *Schallwellen* genannt, deren Aehnlichkeit mit den Wasserwellen man übrigens nicht sehr urgiren muß. — Wie die *übrigen Körper* den Schall fortpflanzen, weiß man nicht.

Die Bewegung des schallenden Körpers besteht nicht in einem Zittern der kleinsten Theilchen desselben. Diese Entdeckung verdankt man Herrn *Chladni*. Er hat auf das deutlichste bewiesen, daß nicht nur bey klingenden Saiten, sondern auch bey klingenden Ringen, Glocken und Stäben, während ihres Klanges gewisse Stellen dieser

Körper ganz unbewegt bleiben, und daß um diese herum die übrigen Theile so oscilliren oder schwingen, daß diese Schwingungen auf beyden Seiten der festen Stellen oder **Schwingungsknoten** nach entgegengesetzter Richtung gehen. — Wenn man also eine Glocke anschlägt, muß man ja nicht glauben, daß der ganze Cirkel schwinge; es schwingen nur gewisse Stellen. — Chladni hat auch gezeigt, wie man die Schwingungsknoten sichtbar machen kann. Es wird auf lange Glasplatten feiner Sand gestreuet, und dann werden die Platten mit einem Violinbogen, nach gewissen Regeln, bestrichen. — Wenn man mit einem solchen Bogen ein mit Glas gefülltes Wasser nach gewissen Regeln bestreicht, kann man nicht nur am besten die zitternde Bewegung des Glases am Wasser sehen, sondern sich auch von den Schwingungsknoten, bey einem schallenden Glase, Glocke, u. s. w. überzeugen.

Aus Chladnis Versuchen widerlegen sich auch am besten die Beweise, welche man für die zitternde Bewegung der kleinsten Theilchen gibt. Man sagt z. B. wenn man eine Zange aufschlägt, so sieht man die Schwingung, hört aber nichts; hält man hingegen etwas daran, so hört man gleich den Schall. — Allein jetzt entstehen ja viel schnellere Schwingungen, da die Schwingungsknoten durch diese Berührung verändert, und dadurch die schwingenden Theile verkürzt werden.

Ueberhaupt ist Chladnis Buch: „Entdeckungen über die Theorie des Klanges, Leipzig 1787, 4." ein Meisterstück, und verdiente besser bekannt zu werden. *) Hätte

*) Ein neueres Werk von eben dem Verfasser ist: Die Akustik, bearbeitet von E. Fl. Fr. Chladni, der Philosophie und Rechte Doktor, Leipz. 1802, 32, und 310 S. 4, mit 12 Kupfertaf. Siehe A. L. Z. 1803, 195. — Etwas älter ist eine schätzba-

ein Engländer oder ein Franzose solche Entdeckungen gemacht: wie würde man da gejubelt haben! — Dieser Chladni ist derselbe, der auch der Erfinder des Euphons ist, und der Behaupter, daß die großen Klumpen von Eisen, die in Siberien und Südamerika gefunden wurden, Sternschuppen wären.

§. 268.

Zeit zur Fortpflanzung des Schalls.

Der Schall pflanzt sich in einer Sekunde 1038 Pariser Fuß weit fort. Dieß ist eine der wichtigsten Angaben. Wie man zu

---

re Abhandlung in den Gilbertschen Annalen, Jahrg. 1806. 3. und 4. Stück: Untersuchungen über Schall und Licht, von Th. Young; bearbeitet vom Direktor Vieth in Dessau.

solchen Angaben kommt, läßt sich leicht begreifen — mittelst Kanonen und Tertien-Uhren. Je weiter die Entfernung, desto beßer. — Die Lichtenbergische Tertien-Uhr war vom jungen Ahrms in Hanover, und kostete 8 Louisd'or. Wer sich so kostbare Instrumente nicht anschaffen kann, der muß sich auf andere Art, z. B. mit Zählen helfen.

Franklin hat dazu den Vaterunser vorgeschlagen. Zu so einem profanen Gebrauch wollte Lichtenberg denn doch nicht rathen. Er schlug deßhalb vor, sich anzugewöhnen, in einer Sekunde so schnell als möglich, bis auf 10 zu zählen. Hat man bis auf 5 gezählt, so hat man gerade eine halbe Sekunde oder 30 Tertien.

Lichtenberg überzeugte sich auf verschiedene Art von der Richtigkeit der obigen Angabe, über die Fortpflanzung des Schalls in einer Sekunde. Vor seinem Gartenhause außer dem Wehnder Thore (in Göttingen),

konnte er recht gut mit einem guten Telescop, den Hammer von der Uhr auf dem Jakobithurm sehen. Wie sich der Hammer hub, hielt er den Finger auf die Tertien-Uhr, und sobald er den Schall hörte, nahm er ihn wieder weg, und erwarb sich durch mehrere solcher Beobachtungen eine große Fertigkeit. Vom Jakobithurm bis zu seinem Gartenhause sind 2933 Calenberger Fuß = $2648\frac{2}{10}$ Pariser Fuß, und die Zwischenzeit betrug immer 2 Sekunden und 36 Tertien. Es kamen folglich auf die Sekunde 1118 Fuß.

Eben so ist vor seinem Gartenhause eine freye Aussicht nach Federsruhe — wie man in Göttingen das Gartenhaus des Hofraths Feder auf dem Hainberge nannte. Da ließ er Kanonenschläge anzünden, beobachtete mit einem guten dahin gerichteten Telescop die Flamme derselben bey ihrer Entzündung, und zählte die Zeit, welche von dem Moment, in welchem er die

Flamme erblickte, bis zu dem Momente verstrich, in welchem er den Knall hörte. Bendavid aus Berlin, war seyn Mitbeobachter. Beym ersten Versuche zählten sie 4 Sekunden 14 Terzien; beym zweyten 4 Sekunden 15 Tertien. Nach einiger Zeit maß die Distanz zwischen den beyden Garterhäusern Hogreve mit dem königl. Prinzen, und fand die horizontale Fläche 4880 Kalenberger Fuß, = 4392 Pariser Fuß. Wenn sich nun der Schall in einer Sekunde 1038 Fuß weit fortpflanzt: so kommen 4 Sekunden und 14—½ Tertien heraus. Dieß ist doch sehr genau! Immerhin mag auch der Zufall etwas dabey gethan haben.

Eine andere Probe stellte der Ingenieur-Major Müller zu Göttingen an. Er maß eine Strecke vom Hainberg bis zur Dreckwarte, einmahl mit einem Kanonenschlag, und der Tertien-Uhr, und dann mit der Klafter. Das erste Mahl brachte er

7 Sekunden 54 Tertien heraus; das zweyte Mahl 8222 Fuß. Also pflanzt sich nach dieser Beobachtung der Schall in einer Sekunde 1040 Fuß weit fort.

Von welch' ausgebreitetem Nutzen die beobachtete Fortpflanzung des Schalls in einer Sekunde sey, und welche angenehme Anwendungen sich davon machen lassen, ist kaum nöthig anzuführen.

Die Weltumsegler können dadurch bestimmter die Größe einer Insel angeben. Bisher geschahen alle diese Angaben nur nach dem Augenmaße.

Ein Bataillon Soldaten kann man unmöglich zu gleicher Zeit abfeuern hören, wenn sie gleich nach der besten Taktik exerzirt worden sind; ja was noch mehr ist, wenn sie auch wirklich zu gleicher Zeit abfeuern. Sie werden ja mit der Stimme kommandirt, und diese können sie ja nicht zu gleicher Zeit hören, weil sie nicht in einem Kreisbogen stehen, und der komman-

dirende Offizier sich nicht im Mittelpunkte desselben befindet. Aber stünden sie auch in einem Kreisbogen, und würden sie z. B. mit einer Fahne kommandirt: so befinden sich ja die Zuhörer nicht in dem Mittelpunkte des Kreises. Will man also die Soldaten zu gleicher Zeit abfeuern hören: so müssen sie in einem Kreisbogen, und die Zuhörer in dem Mittelpunkte desselben stehen. Uebrigens versteht sich von selbst, daß dann auch noch die Abfeuerung wirklich zu gleicher Zeit erfolgen müsse.

Von vielfachem Nutzen ist die beobachtete Fortpflanzung des Schalls auch bey einem Gewitter. Jedermann weiß, wie viel eine Sekunde beträgt. Er darf nur seinen Puls fühlen, welcher in jeder Sekunde ungefähr einmahl schlägt. Nun wenn man nach dem Bliz nur 1 Sekunde zählen kann: so ist das Gewitter schon über 1000 Fuß entfernt, und man weiß also gewiß, daß man sich in keiner Gefahr befindet. Bey 2,

3 oder 4 Sekunden, weiß man, daß das Gewitter auch gar den Ort nicht treffen wird, in welchem man wohnt. — Wenn man aber den Blitz sieht, muß man ja nicht sagen: Eins, sondern: Null.

Auch lassen sich Entfernungen, zwischen welchen ein Berg ist, oder wo ein Nebelwetter, oder sonst ein Umstand das Sehen der Flamme nicht gestattet, mittelst des Schalles recht gut messen; nur daß man freylich bey einem Berge nicht weiß, ob der Schall mehr durch die Luft oder durch den Berg hindurch fortgepflanzt wird, welches wirklich verdiente ausgemacht zu werden. — Man geht so zu Werke. Die zwey Partheyen, die zu einer solchen Messung erforderlich sind, und deren jede mit einer guten Tertien-Uhr versehen seyn muß, vergleichen sich, ehe sie an ihre Standpunkte A und B gehen, und bestimmen genau die Zeit, zu welcher sie die Schall-Messung anfangen wollen. Nun

wird also in A die Kanone losgebrannt, und es drückt jemand an die Tertien-Uhr. Nun wird in B eine Kanone gelöst, und sogleich der Finger von der Tertien-Uhr genommen. Sobald man den Schall hievon in A hört, wird auch der Finger von der Tertien-Uhr genommen, und nun vergleicht man sich. Auf jeden Fall ist es gut, den Versuch mehrere Mahle anzustellen.

Auf eben diese Weise kann man auch die mittlere Geschwindigkeit einer Kugel gegen die Scheibe berechnen. In dem Augenblicke, da man den Schall vom Schuße hört, oder die Flamme auf der Zündpfanne sieht, drückt man an die Tertien-Uhr; in dem Augenblicke, da man den Schall vom Scheibenschlage hört, nimmt man den Finger wieder weg. Fehlt man um eine Tertie, so fehlt man freylich um 17 Fuß. Aber ein Trost ist, daß, wo es auf Meilen ankömmt, der Fehler auch nicht mehr beträgt. — Man hat gefragt, ob es

bey Schützenhöfen und dergleichen, nicht eine Stelle gibt, wo der Schall vom Schuße und der Schall vom Scheibenschlage zugleich gehört werden kann! Die Antwort darauf ist: Nein. Der Schall vom Schuße ist nähmlich dann schon weit voraus, wann die Kugel in die Schribe schlägt, und der Schall davon kann den ersten Schall nicht mehr einhohlen.

Selbst noch kleinere Distanzen lassen sich mittelst des Schalles messen. — In der Musik kann man kleine Räume außerordentlich leicht behalten. Eben so auch beym Schalle überhaupt. Man nimmt 20 zusammen, und dividirt dann mit 20 so hat man 1, z. B. wenn die Zimmerleute Nägel auf den Dächern einschlagen.

Auch kann man die Tiefe eines Brunnens, nach dem Schalle eines hineingeworfenen Steins berechnen. Die Aufgabe ist die: Wenn man einen Stein in einen Brunnen fallen läßt, aus der

Zeit, zwischen dem Momente, da man den Stein fallen läßt, und dem, da man den Schall hört, die Tiefe des Brunnens zu berechnen. Es sey die beobachtete Zeit = 10 Sekunden: so ist dieselbe natürlich aus folgenden zwey Zeitmomenten zusammengesetzt: erstens aus der Zeit, welche der Stein zum Hinabfallen in den Brunnen, und zweytens aus der Zeit, welche der Schall zum Heraufkommen aus dem Brunnen braucht. Da sich die Höhen des Falles, wie die Quadrate der Zeiten verhalten, und also die Zeiten, wie die Quadratwurzeln der Höhen: so ist die erstere Zeit $= \sqrt{\frac{x}{15{,}095}}$ und eben so die zweyte $= \frac{x}{1038}$. Beyde Formeln zusammen addirt, geben also für die Tiefe des Brunnens = x, folgende Gleichung:

$$\sqrt{\frac{x}{15{,}095}} + \frac{x}{1038} = 10. \text{*)}$$

*) Um diese Gleichung aufzulösen, setze man 15,095 oder die Fallhöhe eines Körpers in einer Sekunde, in Pariser Fuß = g; 1038 = c und 10 = m: so erhält man $\sqrt{\frac{x}{g}} + \frac{x}{c}$, = m; oder $\sqrt{\frac{x}{g}} = m - \frac{x}{c}$ durch Versetzung; oder $\frac{x}{g} = m^2 - \frac{2mx}{c} + \left(\frac{x}{c}\right)^2$, wenn man auf beyden Seiten quadrirt; oder $\frac{x}{g} - m^2 + \frac{2mx}{c} = \left(\frac{x}{c}\right)^2$, durch Versetzung; also $\left(\frac{x}{c}\right)^2 = \frac{x}{g} - m + \frac{2mx}{c}$; oder $= \frac{x}{g} + \frac{2mx}{c} -$

§. 269.

Modificirung der Fortpflanzung des Schalles.

Der Schall wird durch Wärme und Kälte, und durch den Wind sehr modi-

---

m^2; oder $= \frac{cx}{gc} + \frac{2mx}{c} - m^2$,

wenn man die beyden ersten Brüche auf einerley Benennung bringt; oder

$= \frac{c}{g} \cdot \frac{x}{c} + 2m\frac{x}{c} - m^2$; oder

$= \left(\frac{c}{g} + 2m\right) \cdot \frac{x}{c} - m^2$; also

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 = \left(2m + \frac{c}{g}\right) \cdot \frac{x}{c} - m^2;$$

folglich

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right)\frac{x}{c} = -$$

m^2; durch Versetzung; oder

ficirt. Allein das erste ist sehr unbeträchtlich. Bianconi fand bey Bologna, daß

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right)\cdot\frac{x}{c} + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2 = -m^2 + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2,$$

Wenn man das Quadrat completirt, und auf beyden Seiten addirt; oder

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right)\cdot\frac{x}{c} + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2 = \frac{mc}{g} + \frac{c^2}{4g^2},$$

Wenn man auf der rechten Seite das Addirte wirklich ausdrückt; oder

$$\frac{x}{c} - \left(m + \frac{c}{2g}\right) = -\sqrt{\left(\frac{mc}{g} + \frac{c^2}{4g^2}\right)};$$ wenn man auf beyden Seiten die Quadratwurzel aus-

der Schall bey 28° Reaum. in einer Strecke von 30 Meilen, 76 Sekunden brauchte. — Beträchtlicher ist die Modifikation durch den Wind. Allein man muß sich dadurch nicht abschrecken lassen. Bey andern Versu=

---

zieht, und bedenkt, das $\frac{x}{c}$ kleiner als m ist; oder

$$\frac{x}{c} = \left(m + \frac{c}{2g}\right) - \sqrt{\left(\frac{m\,c}{g} + \frac{c^2}{4g^2}\right)}$$, durch Versetzung; also

$$x = \left(\left(m + \frac{c}{2g}\right) - \sqrt{\left(\frac{c^2}{4g^2} + \frac{m\,c}{g}\right)}\right) . c$$; oder in obigen Zahlen ausgedrückt.

$$\frac{x}{1038} = 10 + \frac{1038}{2.\ 15{,}095} - \sqrt{\left(\frac{1028^2}{4.\ 15{,}095^2} + \frac{10.\ 1038}{15{,}095}\right)}$$

chen hat man noch viel größere Schwierigkeiten zu überwinden. Und diese Modifikation findet nur dann Statt, wenn der Wind dem Schalle geradeweges entgegen ist.

Aber wenn beym stärksten Westwind der Schall in die Quere kömmt, so thut dieß nichts. De la Caille fand, daß wenn der Schall sich bey ruhiger Luft $82\frac{1}{2}$ Sekunde verbreite, er bey starkem Winde,

---

$$= 10 + 34{,}382 - \sqrt{(1182{,}138 + 687{,}645)}$$
$$= 44{,}382 - \sqrt{1869{,}783}$$
$$= 44{,}382 - 43{,}240$$
$$= 1{,}142;$$ also

$x = 1{,}142 \cdot 1038 = 1185{,}396$ Pariser Fuß. So tief würde also der Brunnen seyn; der Schall brauchte zum Heraufkommen 1,142 Sekunden; und der Stein zum Hinabfallen 8,858 Sekunden. Siehe math. Abhandl. vermischt. Inhalts, von Abrah. Gotth. Kästner, Erfurt 1794. 4.

der ihm entgegen war 85 Sekunden dazu brauchte. Auf 35000 Fuß macht es gerade 2500 Fuß, oder in einem kürzern Verhältniß auf 24 Fuß, 1 Fuß.

§. 270.

Intensität des Schalles.

Der Schall nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Man denkt sich deshalb die Schallstrahlen, wie die Lichtstrahlen. Auch spricht man nach der Analogie, von Schallwellen (§. 267), von einem Schallkreise, und vergleicht denselben mit dem Wellenkreise eines ins Wasser geworfenen Steins. — Wenn A B (Fig. 45.) ein Damm z. B. in einem großen Teich wäre, und in der Mitte bey C eine Oeffnung hätte: so würden sich, wenn man bey D einen Stein ins Wasser würfe, die Wellen desselben so bilden, wie die Figur darstellt. Stünde aber

im C ein Pfahl, so würden sie sich so bilden, wie Fig. 46. zeigt. — Und eben so verhält sich's nun auch mit dem Schalle. Aber sonst ist ein großer Unterschied zwischen den Schallkreisen und den Wellenkreisen eines ins Wasser geworfenen Steins. Bey den Steinen verhalten sich die Geschwindigkeiten, wie die Quadratwurzeln aus der Breite der Steine. Aber nicht so bey dem Schalle. Schlägt man mit einem großen oder kleinen Hammer irgendwo auf, so hört man den Schall immer zu gleicher Zeit. Dieß ist auch ein großes Glück für die Musik. Sonst würde man z. B. in einem Garten den Baß immer eher ankommen hören, als den Diskant. Und es wäre dann eine fatale Sache mit dem Notensetzen.

§. 271.

Vom Echo.

Der Schall befolgt genau die Gesetze der Reflexion des Lichts. Man kann also

die Wand, von welcher er zurückgeworfen wird, einen akustischen Spiegel nennen. Aber sonst gibt es viele Schwierigkeiten. So geben neue Gebäude ein viel schlechteres Echo, als alte Mauern. Dieß läßt sich indeß aus verschiedenen Ursachen begreifen; vorzüglich aus der Holprigkeit der alten Mauern. Büsch rechnet auch viel auf die Luft, die zwischen den Höhlungen derselben enthalten ist. Zu Leipzig vor den Ramstädter Thor ist ein berühmtes wiederhohlendes Echo. Dieß läßt sich aus dem nahe stehenden Häusern erklären, von welchen die Schalllinien zurück geworfen werden. In Altdorf, dem Observatorio gegenüber, ist auch ein sehr berühmtes Echo. Auf 150 Schritte wirft es das Wort omnia; auf 230 responde mihi, auf 340 responde mihi cito, und auf 380 responde mihi cisissime zurück.

Ein Irländer, vielleicht derselbe, der bey der Paulskirche in London fragte, ob die-

se Kirche wohl in England verfertiget wor-
den sey — sagte einmahl in einer Gesell-
schaft, in welcher von berühmten Echos ge-
sprochen wurde: O! bey mir gibt es wohl
viel bessere Echos; wenn man da in ein
Haus kommt, und frägt: Wie befinden Sie
sich? so antwortet es: Ich danke für das
gütige Andenken — recht wohl.

Hieher gehört auch die Bauchred-
nerey — die bey allen Marionettenspielen
Statt findet. Lichtenberg hatte im Jahr 1789
einen Bauchredner (Ventriloquus) auf sei-
ner Stube. Er war ein Gärtner seiner Pro-
fession nach, verstand sich aber auf das
Bauchreden so gut, daß er ihn betrog, un-
geachtet er von ihm betrogen seyn wollte.
Er machte seine Versuche mit einer kleinen
Puppe. Beym Lachen umarmte er dieselbe,
damit man ihm nichts an dem Gesichte ken-
nen möchte. —

Das menschliche Ohr kann sehr schlecht
von Lagen urtheilen. Wenn A statt B sprä-

che, rührte aber den Mund nicht, B hingegen bewegte den Mund: so würde Jedermann glauben, B sprechen. So sieht man sich auch, wenn man einen dicken Mann, fein sprechen hört, um, und meint, es spräche Jemand anderer, weil man von ihm eine Baßstimme erwartet. Es ist fast gerade so, als wenn man des Abends in ein Spiegelzimmer ginge, in welchem eine Person säße. Man glaubt eine ganze Gesellschaft zu erblicken. Käme nun diese Person rückwärts zurück: so würde man gewiß jemand Andern für die rechte Person halten, weil es doch nicht Sitte ist, daß man Jemanden auf eine so negative Art in Empfang nimmt.

§. 272.

Sprachgewölbe.

Auf die Eigenschaften der Ellipse und auf die Gesetze der Reflexion der Schall-

strahlen, gründen sich die Sprachgewölbe. — Eine Ellipse entsteht, wenn man einen Kegel schräg durchschneidet, so wie der parallele Durchschnitt desselben mit einer seiner Seiten, die Parabel, und mit seiner Axe die Hyperbel gibt. Sie besitzt die Eigenschaft, daß alle Schallstrahlen, die aus einem Brennpunkte derselben herkommen, so reflektirt werden, daß sie wieder in dem andern Brennpunkte derselben zusammen kommen. Kann man nun einem Gewölbe eine elliptische Form geben, so muß es auch in demselben zwey Punkte, A und B geben, von welchem alle Schallstrahlen nach dem Andern reflektirt werden müßen. Wenn nun Jemand in A sehr leise spricht: so kann man ihn bey B doch gut verstehen. Wer aber an einem andern Orte stünde, würde nichts hören.

§. 273—276.

Sprachrohr (Tuba Stentorea).

Der Schall nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt (§. 270.), aber in cylindrischen Röhren kann man ihn sehr weit fortpflanzen, wie aus Fig. 47. deutlich genug erhellet. Wenn man daher eine Taschenuhr in die Mündung einer Kanone legt, und das Ohr an das Zündloch hält: so hört man sie sehr deutlich schlagen, so deutlich, als wenn man sie dicht an dem Ohr hätte. — Lichtenberg rieth einmahl einem seiner Zuhörer, mit den Röhren von Weissenstein (jetzt Napoleonshöhe) bey Kassel, ähnliche Versuche anzustellen; — und er fand es bestätiget.

Man könnte solche Röhren in den Bedientenstuben anlegen, und sich dersel-

den statt der Glocken bedienen, auch in den Gefängnissen. —

Die Kerls, die mit den Cicerosköpfen, u. s. w. herumziehen, hängen ganz von diesen Röhren ab. Es ist unglaublich, welche Revolutionen sie deßhalb mit dem Fußboden der Zimmer anfangen, in welchen sie ihr Gaukelspiel treiben wollen.

Die Fortpflanzung des Schalls durch solche Röhren erstreckt sich natürlich nur so weit, als die Länge der Röhren beträgt, wie ebenfalls aus Fig. 47. deutlich erhellt. So wie die Schallstrahlen nach D reflektirt werden, gehen sie nach der Richtung D E und D F auseinander, und ein Ohr in G würde nichts von ihnen vernehmen. Könnte man nun eine Röhre so einrichten, daß die Schallstrahlen bey D parallel reflektirt werden müßten, so würde sich der Schall auch unabhängig von der Länge der Röhre, noch viel weiter fortpflanzen. Dieß ist nun das Sprachrohr.

Man hat sich viel um das Alter der Erfindung der Sprachröhre gestritten. Einige wollen, schon die Alten davon Gebrauch machen lassen. Sie berufen sich auf die Tuba, mit welcher die Alten ihre Truppen kommandirten. Doch dieß war wohl nur eine Trompete. Denn bekanntlich kommandirte man Landtruppen nicht mit dem Sprachrohr. — Der Erfinder ist vielmehr Morland in England, von dem auch ein Barometer den Nahmen führt. Er machte die Erfindung um das Jahr 1670.

Sobald die Erfindung gemacht war, gab man den Mathematikern das Problem auf, die beste Form anzugeben. Da kamen denn viele Vorschläge zum Vorschein. Die parabolische Form ist theoretisch unstreitig die richtigste. Die Parabel — welche entsteht, wenn man einen Kegel parallel mit einer seiner Seiten durchschneidet — hat nähmlich die Eigenschaft, daß alle Strahlen, die mit der Axe derselben

parallel einfallen, in einem Punkte in der Mitte des Halbmessers reflektirt werden, welcher der Brennpunkt heißt; und wieder, daß alle Strahlen, welche aus diesem Brennpunkte auf die Parabel fallen, parallel zurück geworfen werden. Da man nun die Parabel so spitz machen kann, als man will, so scheint sie sich wirklich am besten zu einem Sprachrohr zu qualifiziren. Allein man hat doch gefunden; daß kein merklicher Unterschied heraus kommt. Einmahl sind solche Sprachröhre schon sehr schwer zu verfertigen. Dann setzt die Parabel voraus, daß alle Schallstrahlen aus einem Punkte kommen, welches natürlich in der Praxi nicht der Fall ist. Man hat wohl ein elliptisches Mundstück angebracht: allein dem Uebel wurde dadurch nicht abgeholfen. Da kam denn endlich Lambert, und zeigte, daß, wenn man dem Kegel ein ordentliches Verhältniß seiner Höhe zur Basis gäbe, derselbe noch immer das beste Sprachrohr wäre.

Man kann ohne Sprachrohr auf 400 Fuß hören. Nach dieser Bemerkung richtete er seine Angabe ein.

Um doch ein Verhältniß zu kennen, mag man sich folgendes von Chladni merken. Oben, nach subjektivem Bedürfniß weit, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll, unten 14 Zoll im Durchmesser, und 4 Fuß hoch. Ferner von gut geleimten Pappdeckel und inwendig so glatt als möglich. Das Blech hat selbst wieder viele Schwingungen.

Von welch' wichtigem Gebrauche übrigens die Sprachröhre seyen, besonders auf der See, bey einem Sturme, bedarf wohl keiner Erwähnung.

§. 277.

Hörrohr (Tuba acustica.)

Das Hörrohr gründet sich ganz auf die Parabel. In gewisser Entfernung, wäre wohl die Ellipse besser. Bey

Thomson, Lichtenbergs Sprachlehrer im Englischen, sah er ein Hörrohr, von der Gestalt, wie Fig. 48. es darstellt. Es war von Silber. Allein es ereignete sich damit der traurige Umstand, daß sich das Ohr, blos durch das leise Anhalten zu entzünden anfing, so daß er das Rohr ganz weglegen mußte. Er verfiel hernach auf die Vergrößerung der Ohren, durch das Flache beyder Hände. Und dieß mag wohl das beste Hörrohr für solche seyn, die nicht ganz taub sind. Freylich sieht es nicht gut aus, und erinnert an den Freund Langohr. Aber Noth hat kein Geboth. — Man hat auch von dünnem Pergament solche Ohren geformet. — Den Versuch kann man am besten mit einer Taschenuhr anstellen, die man auf einen Tisch legt, und sich immer weiter davon entfernt.

§. 278.

Andere Fortpflanzungsmittel des Schalles.

Es war davon schon oben (§. 265.) die Rede.

Gründe der Musik.

§. 279.

Saiten.

Um regelmäßige Schwingungen oder einen Klang (§. 264.) hervorzubringen, bedient man sich unter andern der Saiten. Die Schwingungen derselben haben viele Aehnlichkeit mit den Schwingungen des Pendels. Deßwegen haben auch die Mathematiker ihre Schwingungen eben so berechnet, wie die Schwingungen des Pendels.

§. 280.

Klang.

Die Schwingungen einer gespannten Saite bringen einen Schall hervor, der sich durch eine größere Annehmlichkeit auszeichnet. Man nennt ihn einen Klang. Er unterscheidet sich von dem Geräusche dadurch, daß er durch gleichartige (gleich geschwinde) Schwingungeu, die durch das Gehör oder durch andere Mittel bestimmbar sind, hervorgebracht wird. (§. 264.)

§. 281.

Klingende Körper.

Nicht nur die Saiten, sondern noch viele andere Körper bringen einen Klang hervor. Man nennt sie klingende Körper. Chladni theilte sie in drey Klassen ein. Sie sind:

1. **für sich biegsam**, aber durch Spannung elastisch; **fadenförmige** Körper dieser Art sind Saiten; **membranenförmige** sind Pauken- und Trommelfelle.

2. **ausdehnbar flüßig** und durch Druck elastisch, wie die Luft, welche in den Blasinstrumenten der klingenden Körper ist.

3. **steif**, und für sich elastisch, deren es zweyerley Gattungen gibt; an der einen sind die Schwingungen **linearisch**, dergleichen gerade Stäbe, Gabeln, Ringe und andere, hauptsächlich nach der Länge ausgedehnte Körper wahrnehmen lassen; an der andern geschehen die Schwingungen nach **gekrümmten Flächen**, wie an Scheiben, Glocken, Gefäßen, u. d. gl.

§. 282.

Allgemeine Schwingungsgesetze der Saiten.

Die Schwingungsgesetze der Saiten sind um so wichtiger, da von den Saiten nicht

nur ein so vorzüglicher Gebrauch gemacht wird, sondern auch alle übrigen klingenden Körper sich gleichsam als Saiten gedenken lassen. Es richtet sich aber die Anzahl der Schwingungen einer Saite nach ihrer Länge, nach ihrer Spannung und nach ihrer Dicke, und das allgemeine Gesetz derselben wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$V = \sqrt{\frac{S}{L \cdot P}}, \text{ wo}$$

V die Schwingung der Saite
L die Länge der Saite
P das Gewicht der Saite, und
S die Spannung der Saite bedeutet.

Diese Formel fließt aus den Gesetzen der Elasticität harter Körper, und aus den Gesetzen des Pendels. Aus jenen nähmlich ergibt sich — welches hier freylich aus der höhern Mechanik postulirt werden muß, da wir uns bey der

Elasticität nicht darauf eingelassen haben — daß

$$T^2 = \frac{L^2 . D^2}{S}$$

oder, daß das Quadrat der Schwingungszeit (T) einer Saite, gleich sey einem Bruche, wovon der Zähler ein Produkt aus dem Quadrate der Länge (L) in das Quadrat der Dicke (D) der Saite, und der Nenner, die Spannung (S) derselben ist.

Für diese Formel läßt sich setzen:

$$T^2 = \frac{L . P}{S}$$

oder, das Quadrat der Schwingungszeit einer Saite, ist gleich der Länge derselben multiplicirt in ihr Gewicht, und dividirt durch ihre Spannung. Denn da die Saite eine cylindrische Gestalt hat, so ist ihr körperlicher Raum, und also auch ihre Masse oder ihr Gewicht (P) $= L . D^2$. Man kann also aus dem Zähler der erstern

Formel, L. D² weglassen, und dafür P setzen: so erhält man in der letztern Formel zum Zähler L. P, und es ist also

$$T^2 = \frac{L.P.}{S}$$

Nun aus den Gesetzen des Pendels ergibt sich, daß sich die Schwingungsanzahlen verkehrt verhalten, wie die Schwingungszeiten, weil ja natürlich die Anzahl der Schwingungen um desto größer seyn muß, je kleiner die Dauer jedes einzelnen Schwunges ist. Folglich ist

$$V^2 = \frac{S}{L.P}$$

und auf beyden Saiten die Quadratwurzel ausgezogen, gibt

$$V = \sqrt{\frac{S}{L.P}}$$

und so verhält sich also die Anzahl der Schwingungen von ein paar Saiten in ei-

ner gegebenen Zeit, wie die Quadratwurzeln aus den Quotienten, die man findet, wenn man die Saiten spannenden Kräfte durch das Produkt, aus dem Gewichte der Saiten in ihre Längen, dividirt; oder es ist

$$V : v = \sqrt{\frac{S}{L.P}} : \sqrt{\frac{S}{l\,p}}$$

Anmerkung. Hieraus läßt sich nun einigermassen Eulers allgemeine Formel, für die Anzahl der Schwingungen einer Saite in einer Sekunde, verstehen.

Es ist folgende:

$$V = \frac{355}{113} . \sqrt{\frac{3166.n}{a}}, \text{ wo}$$

V die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde; $\frac{355}{113}$ die sogenannte Cölnische Zahl, oder 3,141592. 3166, die Länge eines Sekundenpendels in Tausendtheilen des Rheinl. Fußmaßes;

n, das Gewicht der Spannung der Saite; und

a die Länge der Saite ebenfalls in Tausendtheilen des Rheinl. Fußmaßes bedeutet.

Nach obiger Formel mußte nähmlich diese Euler'sche, folgendermassen ausgedrückt werden:

$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166}{L \cdot P}}$. Weil aber Euler die spannende Kraft der Saite oder S durch ein Gewicht ausdrückt, welches ein Multiplum von dem Gewichte der Saite ist, so daß also P : S = 1 : n und mithin n anzeigt, wie vielmahl die Spannung der Saite stärker ist, als ihr Gewicht: so kann P, da es = 1 gesetzt wird, aus der Formel weggelassen werden, und es verwandelt sich dieselbe, wenn man noch n statt S und a statt L setzt, in folgende:

$$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166 . n}{a}}$$

Es sey die Länge der Saite . oder a oder L = $2\frac{1}{2}$ rheinl. Fuß, also im Tausendtheilen desselben = 2500, und sie werde durch ihr 10000 faches Gewicht gespannt, also n = 10000 : so wird dieselbe in einer

$$\text{Sekunde } \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166 \cdot 10000}{2500}}$$

d. i. $353\frac{1}{2}$ Schwingungen machen. Will man die Länge der Saite nicht in Tausendtheile verwandeln, so darf man natürlich für 3166 nur 3.166 setzen. Man sieht, daß diese Eulersche Formel viel Schönes hat, da sie ein sicheres Mittel darbietet, der Nachwelt Nachricht von unsern Tönen zu geben. Euler fand nähmlich, daß eine Saite, die in einer Sekunde 392 Schwingungen machte, den Ton a angebe. Hieraus folgt, daß das Contra A von einer Saite angegeben wurde, die 98 Schwingungen in einer Sekunde macht, und das Contra C, wenn man dieses für den tiefsten Ton annehmen wollte, von einer Saite, die $58\frac{1}{2}$ Schwingungen

in einer Sekunde macht. Sollte nun unser Fußmaaß wirklich verloren gehen: so darf man die Länge der Saite, nur nach einem solchen Maaße bestimmen, wovon 3166 Theile, die Länge eines Perpendikels machen, das Sekunden schlägt.

§. 283.

Besondere Schwingungsgesetze der Saiten.

Aus diesem allgemeinen Gesetze lassen sich nun leicht alle besondere Gesetze herleiten. Lichtenberg schränkte sich auf folgendes einzige ein, das er mit seinem von Chladni selbst verfertigten Monochord erläuterte: bey gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten, verhält sich die Anzahl der Schwingungen umgekehrt, wie ihre Längen; oder

$$V : v = 1 : L$$

Weil nähmlich die Dicken gleich sind, so verhalten sich ihre Gewichte wie ihre Längen, und statt des Faktors P und p in den Nennern der Generalformel, kommt also L und l zu stehen, so daß

$V : v = \sqrt{\frac{S}{L.L}} : \sqrt{\frac{S}{U}}$, oder welches einerley ist

$V : v = \frac{\sqrt{S}}{L} : \frac{\sqrt{S}}{l}$. Weil aber auch die Spannungen gleich sind: so läßt sich für S und s, 1 und 1 setzen, daß also

$V : v = \frac{\sqrt{1}}{L} : \frac{\sqrt{1}}{l}$; oder welches einerley ist

$V : v = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}$, oder welches einerley ist

$V : v = l : L$

§. 284.

Ton.

Sieht man bey einem Klange blos auf die Geschwindigkeit der zitternden oder schwingenden Bewegung: so nennt man ihn einen Ton. (§. 264.)

Ein Ton unterscheidet sich von einem andern durch Höhe und Tiefe. Höher ist ein Ton, wenn in einer gegebenen Zeit die Schwingungen schneller; tiefer, wenn in derselben Zeit die Schwingungen langsamer auf einander folgen.

§. 485. 486.

Intervall oder Tonverhältniß.

Ein Intervall oder Tonverhältniß ist der Unterschied eines Tons von dem andern; oder das Verhältniß der Schwingungszahlen für zwey Töne bey einerley Zeit der Schwingungen. Es wird

dieß Verhältniß der Töne gegen einander, nach den Längen der Saiten bestimmt. Wenn also von ein paar gleich dicken, und gleich stark gespannten Saiten, ihre Längen sich verhalten

Wie	so gibt die erste		von der zweyten
1 : 1	= =	den Einklang	= =
1 : 2	= =	die Oktave	= =
2 : 3	= =	die Quinte	= =
3 : 4	= =	die Quart	= =
4 : 5	= =	die große Terz	= =
5 : 6	= =	die kleine Terz	= =
5 : 8	= =	die kleine Sexte	= =
3 : 5	= =	die große Sexte	= =

Es lassen sich alle diese Verhältnisse auf einem Monochorde, mit kleinen Satteln, von Papier recht deutlich machen.

§. 287.

Consonanzen und Dissonanzen.

Der Grundton, die Oktave, die Quinte und die große Terz, gewähren dem Ohre Vergnügen, und werden dahero Consonanzen, Accorde, consonirende Töne genannt. In Kirchen, und sonst, singen Frauenzimmer gewöhnlich um eine Oktave höher, ohne daß sie es merken, daß sie höher singen. Dieß rührt von der schönen Zusammenstimmung, der Oktave, Quint und Terz her.

Die übrigen Töne, deren eine unzählige Menge sind, heißen Dissonanzen oder dissonirende Töne. Auch dieß läßt sich mit dem Monochorde oder Sonometer deutlich machen.

§. 288.

In einer jeden Oktave werden sieben Haupttöne und fünf Nebentöne

angenommen. Die ersten werden mit den Buchstaben C, D, E, F, G, A, H, die letztern mit Cis, Dis, Fis, Gis, B bezeichnet. Die Töne, welche in Oktaven auf einander liegen, werden mit demselben Buchstaben, nur mit der kleinen Abänderung bezeichnet, daß man zu der ersten Oktave große Buchstaben, zu der zweyten kleine Buchstaben, zu der dritten einmahl gestrichene, zu der vierten zweymahl gestrichene kleine Buchstaben wählt, u. s. w. Also

C^{Cis} D^{Dis} E F^{Fis} G^{Gis} A^{B} H

c d e f g a h $\underline{c}$ $\underline{d}$ $\underline{e}$ $\underline{f}$ $\underline{g}$ $\underline{a}$ $\underline{h}$

$\underline{\underline{c}}$ $\underline{\underline{d}}$ $\underline{\underline{e}}$ $\underline{\underline{f}}$ $\underline{\underline{g}}$ $\underline{\underline{a}}$ $\underline{\underline{h}}$ $\underline{\underline{\underline{c}}}$

Und hierinn bestehet nun das heutige Diatonische System, oder die Diatonische Grundleiter.

§. 289.

Temperatur.

Bey diesem Diatonischen Systeme ereignet sich ein sehr merkwürdiger Umstand.

Weil man gerne jeden der zwölf Töne für einen Grundton halten will, so geschieht es, daß, wenn man die Quinte rein haben will, man sich in die Oktave verliert. Es sind 12 Quinten, und man kann also gar nicht auf das c kommen. Da muß denn ein Vergleich getroffen werden, bey welchem die möglichst kleinste Abweichung von der höchsten Reinigkeit Statt findet. Ein solcher Vergleich oder eine solche Einrichtung wird nun die Temperatur genannt. *)

*) Ein sehr schätzbares Werk über die Temperatur ist: Anleitung zu Temperaturberechnungen für diejenigen, welche in dem arithmetischen Theile der Musik, keinen mündlichen Unterricht haben können, insbesondere aber für die Besitzer des Kirnberger'schen Werkes: die Kunst des reinen Satzes u. s. w. Von Daniel Gottlob Türk Musikdirecktor, (jetzt Professor der Musik) in Halle. Halle 1808, 572 S. gr. 8. Siehe darüber Hall. A. L. Z. 1809.

Man hat sehr viele solche Temperaturen vorgeschlagen. Die Kirnbergersche, für welche sich Erxleben so warm erklärt, hat ihren Nahmen von Kirnberger, einem berühmten Musikus, der die musikalischen Artikel zu Sulzers Wörterbuch verfertigte. Um sie zu verstehen, muß man folgendes bemerken: Wenn man die Quinten alle rein stimmt: so wird das C zu hoch, in diesem Verhältniß 524288 : 531441, welches das Pythagorische Comma heißt, zum Unterschiede von dem gemeinen Comma, oder 80 : 81.

Nun nach der Kirnbergerschen Verbesserung sind 9 Quinten rein; von den drey übrigen schwebt das eine mit $\frac{1}{12}$ vom Pythagorischen Comma, und von den zwey übrigen schwingt ein jedes mit $5\frac{1}{2}$ vom Pythagorischen Comma.

Die gleichschwebende oder mathematische Temperatur, die unstreitig vor allen übrigen den Vorzug verdient, ist

diejenige, wo alle Schwingungen in einem eigentlichen wahren geometrischen Verhältnisse fortgehen. Man muß also die Oktave C bis c in 12 gleiche Intervalle oder Stufen eintheilen. Und dieß geschieht auf folgende Art:

Grundton C	Oktave c
1 oder 2^0	2 oder 2^1
	oder
$2^{\frac{1}{12}}$ $2^{\frac{2}{12}}$ $2^{\frac{3}{12}}$ $2^{\frac{4}{12}}$ . .	$2^{\frac{12}{12}}$

Wenn man also den Log. 2 mit $\frac{1}{12}$ multiplicirt ($\frac{1}{12}$. Log. 2) so erhält man Log. 0,0250858, den man sucht, oder den Unterschied der zwölf Logarithmen. — Zieht man nun den Logarithmus 0,0250858 von dem Log. 1 oder Log. 1,0000000—1 ab: so erhält man den Logarithmus 0,9749242—1, und die dazu gehörige Zahl ist = 0,9438, u. s. w.

§. 290.

M u s i k.

Die ganze Musik gründet sich auf den Unterschied zwischen den tiefen und hohen Tönen. Sie lehret nähmlich nichts anders, als Töne, die in Ansehung der Tiefe und Höhe verschieden sind, so mit einander zu verbinden, daß daraus eine angenehme Harmonie entsteht.

Die L y r a der Alten bestand aus vier zwischen zwey Stierhörnern ausgespannten Saiten, und hatte Anfangs nur die 4 Töne C F G c.

§. 291.

R e i n h e i t d e s K l a n g s.

Chladni entdeckte eine ganz eigene Art von Tönen an den Saiten, die zwar in der Musik nie werden angewendet werden können, weil sie unangenehm sind, die aber we-

gen ihrer gänzlichen Abweichung von allen übrigen Schwingungsarten, Aufmerksamkeit verdienen. Er heißt sie Längentöne. Man muß die Saite mit dem Bogen so nach der Länge unter einem sehr spitzigen Winkel streichen, nicht unter einem rechten, wie gewöhnlich geschieht. Bey den gewöhnlichen Tönen kommt nichts darauf an, was man für einen Körper nimmt. Allein bey den Längentönen ists ganz etwas anders, da geben die Messingsaiten andere Töne, andere die Darmsaiten, andere die Stahlsaiten. Diese sind um eine Quarte höher, als die Messingsaiten, und diese wieder um eine Sexte höher, als die Darmsaiten.

§. 292.

Bemerkbarer Unterschied der Töne.

Wie viel Schwingungen muß eine Saite in einer Sekunde ma-

chen, damit es in unsern Ohren ein Ton wird? — Sauveur glaubt 12½ Schwingungen. Dieß wäre der tiefste Ton; der allerhöchste wäre 6400. Also 12½, 25, 50, 100 u. s. w. Die letztere Zahl ist ungefähr das Contra A. Bey Euler ist es 98; fährt man also fort bis zur Zahl, die 6400 am nächsten liegt, so erhält man 9 Oktaven. Euler rechnet für den tiefsten Ton 20, und für den höchsten 4000 Schwingungen. Hier gibt es 96, dort 108 hörbare Töne. Bey den Farben kömmt etwas Aehnliches vor. Der Mensch kann 819 Farben unterscheiden.

§. 296. *)

Erregung der Töne.

Wie auf den verschiedenen musikalischen Instrumenten die Töne hervorgebracht wer-

*) Die Paragraphen 293, 294 und 295 wurden von Lichtenberg übergangen. Sie han-

den, ist bekannt. Eine andere Art Töne zu erregen, ist folgende. Wenn man Zink in ein Medizinglas wirft, und dann zuerst Wasser, hernach Salzsäure darauf gießt: so entsteht inflammable Luft. Setzt man nun auf die Oeffnung des Glases eine kurze Röhre, zündet die Luft an, und hält eine lange Glasröhre darüber: so entsteht ein herrlicher Ton. — Die siedenden Theekessel geben einen ähnlichen Ton von sich, und es ist auch ganz dasselbe. — Wenn man die inflammable Luft mit Eisenfeilstaub macht, kann man jenen Ton nicht erhalten. Hieher gehört auch die Riesen- oder Wetterharfe in Basel. Lichtenberg beschrieb sie im Götting. Taschenkal. für das Jahr 1792. Der Erfinder davon ist Pater Bentan, Probst zu Bürkli, unweit Basel. Er

---

deln von der gleichzeitigen Fortpflanzung mehrerer Töne, von der Mittheilung derselben, und von der Resonanz.

war ein großer Liebhaber vom Scheiben-schießen, aber auch dabey sehr podagraisch. Er mochte oder wollte sich keinen eigenen Mann halten, der ihm angezeigt hätte, ob er getroffen oder nicht getroffen hat. Er erfand also eine Methode die Scheibe ans Fenster zu ziehen. Dieß bewerkstelligte er mit einem Drath ohne Ende. Da hörte er denn, daß dieser Drath zuweilen des Nachts die angenehmsten Töne gab. Dieß machte sich ein gewisser Hauptmann Haas in Basel zu Nutzen, und spannte mehrere Saiten von Eisendrathe auf. Sie hatten eine Länge von 320 Fuß und eine Dicke von 1, $1\frac{1}{2}$ und 2 Linien, und tönten bey jeder Veränderung des Wetters; weßwegen er auch dieser Vorrichtung den Nahmen der Wetterharfe gab.

Man hat sich auch Mühe gegeben Menschenstimmen nachzuahmen. Die Akademie der Wissenschaften zu Petersburg gab darüber eine Preisfrage auf, und Kra-

zenstein zu Kopenhagen, erhielt den Preis. Allein es kam doch nie etwas rechtes zum Vorschein. Wolfgang v. Kempelen's Schrift enthält viel Gutes über diesen Gegenstand. — Bisher kann also blos der Kuckuck auf den Uhren thierische Stimmen nachahmen. Man sieht, es wäre von großem Nutzen, und vielleicht entdeckt es noch einmahl die Nachwelt. Da könnte man sich die Predigten absprechen lassen, und brauchte vielleicht die Pastöre gar nicht.

Schlüßlich noch etwas vom menschlichen Ohr. Lichtenberg fand sich vorher bey Demonstrationen über das Ohr, in sehr grosser Verlegenheit, weil es äußerst schwer hält, eine perspektivische Zeichnung von den äußern Theilen des Ohres zu geben. Bey dem Auge ist es ganz etwas anders. Da schneidet man nur in der Mitte durch, so kann man alles gut sehen. — Dieß bewog ihn denn endlich Sömmering, — den größten Physiologen unserer Zeit — zu

Mainz, bey seiner Anwesenheit zu Göttingen, zu ersuchen, ein großes menschliches Ohr in Natura verfertigen zu lassen, woran die innern Theile alle, nach den neuesten Entdeckungen, verhältnißmäßig angegeben wären. Dieß that er denn auch, und schickte ihm ein sehr schönes, großes, von Keck, zu Mainz im Jahre 1791 gearbeitetes Ohr, wobey nun die Demonstrationen sehr leicht wurden. Als Brugmanns von Leiden, in Göttingen war, und Lichtenberg ihn ins Museum führte, fiel ihm nichts so sehr auf, als dieses Ohr. Vermuthlich, weil er sich wohl auch zuweilen in solcher Verlegenheit befand, wie Lichtenberg.

Man theilt das Ohr am besten, in das äußere, mittlere, und innere ein.

Das äußere Ohr (auris externa) besteht aus folgenden Theilen: Helix, Anthelix, Scapha, Concha, Tragus, Antitragus. Hierauf folgt der meatus

auditorius bis zur membrana tympani, welches die Gränze zwischen dem äußern und mittlern Ohr macht.

Das mittlere Ohr (auris media) besteht in der Pauckenhöhle, und hat folgende drey Theile, welche ossicula auditus (Gehörknöchelchen) heißen:

1. Hammer (malleus).
2. Ambos (incus).
3. Steigbügel (stapes).

Der Hammer ist an dem Trommelfellchen mit seinem Stiele angewachsen, mit dem Kopf agirt er auf den Ambos. Dieser articulirt mit dem Steigbügel, und dieser ragt durch die fenestra ovalis in das Labyrinth hinüber. Von der fenestra ovalis ist die fenestra rotunda sehr wohl zu unterscheiden. Sie liegt hinter jener. — Aus dem mittlern Ohr geht ferner noch die tuba Eustachii in den Mund hinüber.

Das innere Ohr (auris intima) oder das Labyrinth, besteht aus folgenden Theilen:

1. Vestibulum (Vorhof).
2. Canales semicirculares (drey bogenförmige Gänge).
3. Cochlea (die Schnecke).

Achter Abschnitt.

Vom
Lichte.

Welch' ein wichtiger Gegenstand der Natur das Licht für uns sey, da es uns den Schauplatz der Welt aufschließt, und bey weitem die allermeisten Begriffe zuführt, bedarf wohl keiner Erinnerung. Ueber dieß herrscht über dieses wunderbare Agens noch eine große Dunkelheit. Man hat bis diese Stunde noch, fast nur Muthmaßungen über die wahre Natur desselben.

Allgemeine Bemerkungen über das Sehen.

§. 297.

Lichtstrahlen.

Wenn die Sonne über den Horizont herauf tritt, u. s. w. so werden wir mit unserem Auge eine Menge Gegenstände gewahr. Es entsteht also die Frage: Wie wird unser Auge von diesen Gegenständen gerührt? Zwischen uns und den Gegenständen, muß irgend ein Agens seyn, durch dessen Einwirkung auf unser Gesichtsorgan, die eigenthümliche Empfindung, die wir Sehen nennen, in uns bewirket wird: das ist gewiß; darinn kommen alle Physiker überein, so wie in dem Nahmen, den man diesem Agens gibt. Es heißt nähmlich das Licht, oder die Lichtmaterie, oder der Lichtstoff. Aber

worinn dasselbe bestehe, und auf welche Art es auf unser Gesichtsorgan wirke: darüber ist man noch nicht einig. Wir werden weiter unten die vorzüglichsten Hypothesen darüber näher beleuchten. Hier bemerken wir blos, daß die Luft jenes Agens nicht seyn könne, weil wir ja auch Körper sehen, die sich in einem völlig luftleeren Raume befinden.

Alle Physiker kommen auch darinn überein, daß das Licht, es möge übrigens worinn immer bestehen, in geraden Linien, die man daher Lichtstrahlen nennt, auf unser Auge wirke. Man hat nähmlich die Erfahrung gemacht, daß, wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, die Erleuchtung der hintereinander liegenden Lufttheilchen, eine gerade Linie bildet. Auch weiß man ja, daß man erleuchtete Gegenstände nicht wahrnehmen könne, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen un-

unterbrochen wird. — Dieß gewähret den erstaunenden Vortheil, daß sich die Untersuchung der Gesetze des Lichts, ohne weiter Rücksicht auf das Wesen desselben zu nehmen, auf Betrachtung gerader Linien d. i. auf Geometrie bringen läßt. Daher kömmt es denn, daß in der Lehre vom Licht so viel Mathematik vorkömmt.

Allein daraus, daß das Licht sich in geraden Linien fortpflanzt, folgt keineswegs: daß wir einen Gegenstand nur dann wahrnehmen, wenn sich von demselben, nach unsern Augen hin, eine gerade Linie ziehen läßt, die nirgends von einem andern Körper unterbrochen wird. Hier hat sich Erxleben viel zu allgemein ausgedrückt. Einmahl sollte es schon heissen: „von einem andern undurchsichtigen Körper;“ denn natürlich kann die Linie von durchsichtigen Körpern unterbrochen seyn, ohne das Sehen zu hindern. Dann aber sehen

wir ja wirklich bey weitem mehr durch krumme Linien, ob sie gleich in vielen Fällen sehr wenig von den geraden abweichen. Man denke doch daran, daß wir alle Tage die Sonne schon sehen, wenn sie noch nicht aufgegangen, und noch sehen, wenn sie schon untergegangen ist. Man denke daran, daß der Schatten eines Körpers, wenn man einen Lichtstrahl davon durch eine enge Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fallen läßt, immer größer, als der Körper selbst ist — welches freylich erst weiter unten ganz verständlich werden wird.

§. 298.

Feinheit der Lichtstrahlen.

Die Lichtstrahlen müssen ungemein subtil seyn. Wenn man auf einem Thurme durch die geringste Oeffnung eines Kartenblattes, mit einem Nadelstiche, sieht: so kann man die ganze Stadt übersehen. Alle

Strahlen aus diesen Gegenständen müssen durch dieses Loch, und verwirren sich doch nicht. Wären nun tausend Menschen auf dem Thurm, und sehen so, durch ein durchstochenes Kartenblatt, so würde noch immer derselbe Fall bleiben. Hier steht der menschliche Verstand stille. Das geht über unsere Begriffe.

Weil nach dieser Erfahrung, ein leuchtender oder erleuchteter Gegenstand von allen Seiten gesehen werden kann, das Auge mag gegen denselben was immer für eine Lage haben: so folget daraus, daß sich von jedem Punkte dieser Gegenstände die Lichtstrahlen nach allen Seiten zu, fortpflanzen müssen, so wie die Radii einer Kugel vom Mittelpunkte nach der Peripherie, und daß daher der Theil von ihnen, der auf unser Auge oder auf eine andere Fläche fällt, einen Strahlenkegel bildet, von dem das Auge oder die andere Fläche, worauf die

Strahlen fallen, die Grundfläche ausmacht.

§. 299.

Stärke des Lichts.

Sobald man annimmt, daß die Lichtstrahlen einen Strahlenkegel bilden, so wird auch leicht begreiflich, daß diese Strahlen immer lockerer werden müssen, je weiter man sich von der Spitze des Kegels entfernet. Es sey Fig. 49. ein solcher Strahlenkegel: so wird in der Stereometrie erwiesen, daß, wenn sich die Linien a b, c d, e f, etc. die man sich vom Mittelpunkt des Kegels auf eine Seite desselben gezogen denkt, wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten, sich die Zirkelflächen, wie 1, 4, 9, 16, 25, 36 und so weiter verhalten. Und daraus wird nun der Ausdruck verständlich: die Stärke des Lichts nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zu-

nimmt. Wenn man also in einer einen Fuß weiten Entfernung vom Lichte, recht deutlich lesen kann, und in einer noch einmahl so großen Entfernung eben so deutlich lesen will, so muß man 4 Kerzen anzünden. — Hieraus ist auch begreiflich, warum man die Sterne bey Tag nicht sehen kann. Es sey nähmlich ein Stern eben so groß und eben so glänzend als die Sonne, aber 400000 Mahl weiter, als sie, von uns entfernt: so wird sein Licht 400000 Mahl 400000 d. i. 160000 Millionen Mahl schwächer, als das Licht der Sonne seyn, und daher gegen dasselbe ganz verschwinden.

§. 300.

Parallele Lichtstrahlen.

Alle Lichtstrahlen, die unmittelbar auf unser Auge wirken, sind als divergirend zu betrachten. (§. 298.) Indeß wenn die Entfernung des leuchtenden Ge=

genstandes 206264 Mahl größer ist, als die Breite der Strahlen auffangenden Fläche, wird der Winkel, den die divergirenden Strahlen an der Spitze des Kegels machen so klein, daß er für uns ganz verschwindet, und daß man also die Strahlen als parallel ansehen kann, ob sie gleich in der That aus einerley Punkt herkommen. — Mittelbar — durch Spiegel und Linsen — entstehen parallele Strahlen genug, sogar auch konvergirende.

§. 301. 302.

Leuchtende und dunkle Körper.

Es gibt Körper, die für sich allein gesehen werden können, und wiederum andere, die man nur durch Hülfe jener sieht. Erstere heißen leuchtende; letztere dunkle Körper. Ihre Erklärung richtet sich nach der Hypothese, welche man über die

Natur und den Ursprung des Lichts annimmt.

§. 303.

Durchsichtige und undurchsichtige Körper.

Es gibt Körper, die ohne selbst zu leuchten, das Licht durch sich hindurch lassen; andere nicht. Jene heissen durchsichtige; diese undurchsichtige Körper. Die Durchsichtigkeit der Körper ist eins der schweresten Probleme in der Physik und bis jetzt noch immer nicht genügend aufgelöst. Bey der Theorie des Lichts wird darüber etwas vorkommen.

§. 304. 305.

Schatten und Halbschatten.

Wird das Licht in seinem Fortgange durch einen undurchsichtigen Körper aufgehalten, so entstehet der Schatten.

Der Halbschatten findet nur bey großen Körpern statt, bey physisch kleinen Punkten gibt es keinen. Man kann sich die Sache folgendermaßen am besten vorstellen. Es sey Fig. 50. E F eine brennende Kerze, A G eine Wand: so ist von A bis B ganzer Schatten, von B bis C Halbschatten, von C bis D volles Licht.

§. 306.

Fixirtes Licht.

Der Bononische Stein ist eigentlich Schwerspath, besteht also aus Schwererde und Vitriolsäure. Wenn er kalzinirt wird, so erhält er die Eigenschaft des Lichteinsaugens. Man nennt ihn deßwegen den Lichtmagnet. Das Mondlicht hat nicht die mindeste Wirkung auf ihn. — Ob er mit Recht Lichtmagnet heiße?

Theorie vom Lichte.

§. 307.

Meinungen der Alten.

Pythagoras (gestorb. 500 J. vor Chr.) und nach ihm die Pythagoräer, glaubten, daß sich von der Oberfläche der Gegenstände immer Theile absonderten, die ins Auge kämen.

Demokrit (gest. 380 J. v. Chr.) und Epikur, (gest. 270 J. v. Chr.) waren der Meinung, daß das Sehen durch feine Bilderchen, die von den Gegenständen immerfort ins Auge flössen, geschehe. Siehe Lucret. de rer. nat. II, 4.

Empedokles, (um d. J. 444 v. Chr.) Plato (gest. 345 J. v. Chr.) und Hipparch (um d. J. 160 v. Chr.), dachten sich sowohl aus den Augen, als aus den Gegenständen Ausströmungen von Licht. Bey-

de begegnen einander und empfehlen sich dann.

Aristoteles (gest. 320 J. v. Chr.) Meinung ist unbestimmt. Er sagt, (de anima lib. II. cap. 2.) daß zwischen dem leuchtenden Körper und dem sinnlichen Organ ein Mittel seyn müsse, so wie beym Schall und Geruch, und daß, wenn ein Vakuum zwischen beyden statt fände, wir gar nichts sehen würden.

Die Stoiker, deren Ahnherr Zeno von Cittium (gest. 263 J. v. Chr.) ist, behaupteten, daß das Licht aus den Augen ausflöße, sich zwischen demselben und den Gegenständen kegelförmig verbreite, und daß man also damit, wie durch einen Stab — wie durch Schneckenhörner — die Gegenstände befühle. Bekanntlich hat in den neueren Zeiten, der famose Marat, diese Hypothese, als seine eigne Erfindung wieder aufgewärmt. Laplace der große Mathematiker gab ihm einmahl eine Ohrfeige.

Da sagte man: das möchte wohl das Licht gewesen seyn, das aus seinen Augen sprang. — Er stellte sich nähmlich vor, daß, wenn wir wohin sehen, so flöße gleichsam das Feuer aus unsern Augen hin auf die Gegenstände, und machte uns dadurch dieselben sichtbar.

Bey den Römern ist nichts zu hohlen. Sie behalfen sich mit den von den Griechen entlehnten Systemen und Hypothesen.

§. 308. 309.

Emanazions-System.

Newton war in seinen früheren Jahren dem Vibrationssystem zugethan. Allein die Schwierigkeiten, die er bey demselben entdeckte, bewogen ihn, es zu verlassen und die Analogie, die er zwischen den Erscheinungen des Lichtes, und anderen Wirkungen der Materien wahrnahm, brachten ihn zuerst auf den Gedanken, daß das Licht

wohl etwas Materielles seyn möchte, das aus der Sonne und anderen leuchtenden Körpern gleichsam ausströme. Der große Mann wagte es nicht, diesen Gedanken für Gewißheit auszugeben, und ein System darauf zu bauen. Er wollte bey dem quid stehen bleiben, weil das quomodo immer Hypothesen erforderte, und, — setzte er hinzu — hypothesin non fingo. Er begnügte sich daher blos, durch die sorgfältigsten Versuche und Beobachtungen, die Möglichkeit gezeigt zu haben, daß das Licht etwas Materielles seyn könne.

Allein nach ihm ward auf seine Meinung ein System gebaut, das von ihm den Nahmen des Newtonschen, oder des Emanazionssystems führt, und das im Wesentlichen aus folgenden Hauptsätzen besteht:

1. Das Licht ist etwas Materielles, ein Fluidum ganz eigener

Art. Zu dieser Annahme berechtigen so viele Erscheinungen des Lichts, nach welchen dasselbe eben den Gesetzen unterworfen ist, an welche alle übrigen Körper gebunden sind. Bey der Reflexion des Lichts, und vorzüglich bey der Berechnung desselben und bey der Zerlegung des weißen Lichtstrahls in mehrere farbige, wird hierüber ausführlicher gesprochen werden. — Zu dieser Annahme berechtigen ferner, so viele Wirkungen des Lichts, welche die Materialität desselben voraussetzen. Auf einen Umstand wurde schon oben bey dem Sauerstoffgase aufmerksam gemacht, daß dasselbe nähmlich aus gewissen Pflanzen, nur durch den Einfluß des Sonnenlichts erhalten werden kann. Eben so bleiben die Pflanzen weiß, wenn sie dem Sonnenlichte nicht ausgesetzt werden, und das Hornsilber wird schwarz, wenn es demselben ausgesetzt ist. — In Ansehung der näheren Beschaffenheit des Luftflui-

dums, kommen alle Newtonianer darinn überein, daß es ein äußerst subtiles, diskretes und ein aus Theilchen von verschiedener Art gemischtes Fluidum sey. Die Subtilität desselben ist so groß, daß sie durch keine unserer Waagen bestimmt werden kann. Indeß daran wird sich wohl Niemand stossen. Es ist ja noch gar nicht ausgemacht, ob alle Materie wirklich schwer sey; es ist sogar wahrscheinlich, daß es Materien gebe, die nicht schwer sind. Doch gesetzt, dieß wäre nicht, so sind es ja nur unsere Waagen, auf welche das Lichtfluidum nicht wirkt. — Haben wir endlich nicht ein Analogon an der Magnetischen Materie? Ist sie ein Fluidum, wie man allgemein annimmt, so muß sie ja noch viel feiner seyn, als die Lichtmaterie, weil sie durch alle Körper wirkt. Hält man z. B. einen Magnet an die eine Seite seines Kopfes und eine Magnetnadel an die andere: so leidet die letztere eben die Verän=

derungen, als wenn der Kopf nicht dazwischen wäre. Und doch wird man von allem dem nicht das geringste gewahr.

Man denkt sich ferner das Lichtfluidum, als eine diskrete Flüßigkeit, d. h. deren Theilchen durch große Zwischenräume von einander abgesondert sind, und keinen ununterbrochenen Strom ausmachen.

Man denkt sich endlich das Lichtfluidum, als ein aus Theilchen von verschiedener Art gemischtes Fluidum. Hierauf gründet sich die Farbenlehre nach Newton. Die verschiedenen Arten von Licht zusammen genommen, machen das weiße Licht aus. Wird dieses durch Brechnung in seine verschiedene Bestandtheile zerlegt, so zeigen sich die verschiedenen Farben.

2. Das Lichtfluidum strömt aus der Sonne, als seiner vorzüglichsten Quelle, unaufhörlich, nach allen Seiten, in gradlinig-

ter Richtung und mit unbeschreib- licher Geschwindigkeit aus. — Auf die Sonne, als auf die Urquelle des Lichts, für alle ihre Planeten, und nahmentlich für unsere Erde und den Mond, weiset gleichsam der Augenschein und die Erfahrung aller Zeiten hin. — Eben diese Erfahrung spricht auch dafür, daß jene Quelle unaufhörlich fließe, nach allen Seiten fließe, und in geradlinigter Richtung fließe. Die unbeschreibliche Geschwindigkeit des Lichts ist vollends eine mathematische Thatsache. Es legt den Weg von der Sonne zu unserer Erde, der bekanntlich 21 Millionen Meilen beträgt, in 8 Minuten und 7½ Sekunden zurück, und macht also in jeder Sekunde einen Marsch von 43 Tausend Meilen.

3. Die Gegenstände auf welche das Lichtfluidum strömt, werden dadurch zu einer neuen Licht-

quelle für andere Gegenstände und für unsere Augen. — Das Licht nähmlich, das von jenen Gegenständen nicht durchgelassen oder eingesogen wird, wird zurückgeworfen, strömt nun eben so, wie das Sonnenlicht, aus allen Punkten des sichtbaren Gegenstandes gegen alle Seiten zu, in geradlinigter Richtung aus, und bewirkt so die Gesichtsempfindungen, Erleuchtung, Helligkeit u. s. w.

Man hat verschiedene Einwendungen gegen dieß Emanazionssystem erhoben, aber dasselbe bis jetzt nicht umzustossen vermocht. Die vorzüglichsten Gründe dagegen sind folgende:

1. Die Sonne müßte durch das unaufhörliche Ausströmen einer Materie aus allen ihren Punkten, und nach allen Seiten längst erschöpft seyn. Ein kindischer Einwurf — möchte man sagen, ob er gleich von Euler selbst herrührt. Es sollte wohl

lange dauren, bis man eine verspüren würde. Das Licht ist äußerst subtil und die Sonne so ungeheuer groß. Ihr Durchmesser verhält sich zum Durchmesser der Erde, wie 112 : 1. Es kann also Millionen Jahre dauern, ehe man es wahrnehmen wird. Man denke doch an den Moschus. Ein gewisses Gewicht davon unter Briefe gelegt, leidet keine Abnahme und doch riechen die Briefe noch in zehn Jahren darnach. — Und wie lange hat man denn die Sonne gemessen? Wer weiß, wie lange sie gestanden hat? Im Jahr 1609 wurden ja erst die Fernröhre erfunden, und lange nachher erst Messungen angestellt. — Ueberdieß kann ja die Sonne anders woher Licht erhalten. Die Fixsterne sind ja alle miteinander verbunden. Vielleicht führen ihr Kometen Licht zu, die sich in dieselbe stürzen. So verschwand ihm J. 1572 ein Stern in der Kassiopeja. Er wurde immer grösser und auf einmahl war er nicht mehr zu se-

ßen. — Und kann denn die Sonne, nicht eben so, wie die Johannis-Würmchen und andere selbstleuchtende Körper, ihr Licht selbst entwickeln? Kann sich nicht entweder in derselben oder auf derselben, oder um dieselbe, ein großes Lichtlaboratorium befinden? — Aber gesetzt auch, daß die Sonne abnähme! Was wäre es denn? Sie könnte ja eben so gut veralten, wie der Mensch. Und der Mensch ist vor Gott, gewiß eben so viel werth als die Sonne.

2. Die Lichtstrahlen würden sich durch ihre Durchkreutzungen in ihrer Bewegung aufhalten und in ihrer Richtung stören. Dieser Einwurf ist schon etwas wichtiger. Allein man antwortet darauf, theils mit der Subtilität der Lichtstrahlen, theils daß sie eine diskrete Flüssigkeit seyn könne. Wir kennen ja die Subtilität der Lichtstrahlen nicht, können uns also dieselbe so groß, als wir wollen, denken. Sie

können also vielleicht Raum genug haben. Hier zeigt sich recht der Nutzen von der unendlichen Theilbarkeit. — Was die Diskrezion der Lichtstrahlen betrifft: so ist es ja gewiß, daß sich das Licht allmählig fortpflanze. Es braucht, wie schon erinnert wurde, 8 Minuten, um von der Sonne, die 21 Millionen Meilen von uns entfernt ist, zu uns herab zu kommen. Nun nimmt man an, daß das Auge den Eindruck des Lichtes $\frac{1}{2}$ Sekunde lang erhalten kann. Man sieht dieß, wenn man eine glühende Kohle in der Hand schwingt. Es scheint ein ununterbrochener Kreis gebildet zu werden. Man sieht dieß ferner, wenn man ein durchlöchertes Blech auf etwas Gedrucktes legt. Hält man es still, so kann man nichts lesen; fährt man aber mit dem Blech hin und her auf dem Papier, so kann man lesen. — Nun in einer halben Sekunde legt das Licht, von der Sonne zu uns herab, 21 Tausend Meilen zurück. Die Theilchen der Lichtstrahlen können daher in einem

Zwischenraume von 21 Tausend Meilen von einander abstehen und unserem Auge würde es doch noch scheinen, als ob sie beysammen wären, oder ein Kontinuum bildeten.

3. Die durchsichtigen Körper müßten alle in geradlinigen Gängen, nach allen Richtungen so durchbohret seyn, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bliebe. Unstreitig der stärkste Einwurf gegen das Emanazionssystem. Allein man kann immer darauf antworten: wir kennen die Beschaffenheit der kleinsten Theilchen der Körper und die Art ihres Zusammenhangs nicht — worauf unstreitig ihre Durchsichtigkeit beruht. Auch der dichteste Körper, den wir kennen, kann noch so locker seyn, daß er für die subtile Lichtmaterie eine Art von Sieb bildet und also undurchdringliche Materie genug noch übrig behält. — Die Undurchsichtigkeit so mancher lockeren Körper erklärt

man recht gut aus der nähern Verwandtschaft der Theilchen derselben zum Lichte, nach welcher dasselbe entweder verschluckt oder zurückgeworfen wird. — Was die Eulerianer damit sagen wollen, daß manche Körper dadurch durchsichtiger werden, wenn man ihnen eine grössere Dichtigkeit gibt, sieht man gar nicht ein. Es ist wohl wahr, daß das Papier z. B. durchsichtiger wird, wenn man es in Wasser oder Oehl tränkt, aber es ist auch eben so wahr, daß z. B. der Schaum undurchsichtig ist, der doch aus Wasser und Luft besteht, die beyde durchsichtig sind. *)

---

*) Youngs Einwürfe gegen das Emanazionssystem, in seiner, bey der Lehre vom Schalle, angeführten Untersuchung über Schall und Licht, erlebte Lichtenberg nicht mehr. Sie sind von der gleichförmigen Geschwindigkeit, womit das Licht von allen leuchtenden Körpern ausströmen soll, und von der parzialen Zurückwerfung, mit welcher jede

§. 310.

Kartesius Meinung.

Kartesius nahm an, daß der ganze Weltraum mit vollkommen harten Kügelchen seines zweyten Elements angefüllet sey. Durch die beständig sich bewegenden Theilchen der leuchtenden Körper werden diese Kügelchen gestossen, und da es zwischen ihnen keinen leeren Raum gibt, sie sich also immer auf das genaueste berühren, so pflanzen sie den Stoß durch geradlinigte Reihen, in einem Augenblicke, auf eben die Art fort, wie das letzte Ende eines Stabes bewegt wird, den man an seinem obern Ende fortstößt. —

Diese Meinung verdient keine Widerlegung mehr; aber historisch bleibt sie im-

---

Brechung verbunden ist, hergenommen. Erstere sey ganz widersprechend, und letztere, nach dem Emanazionssysteme, durchaus nicht erklärbar.

zer merkürdig, weil sie die Grundfeste des Vibrazionssystems wurde.

§. 311. 312.

Vibrazionssystem.

Das Vibrazionssystem — das schon vor Euler, von Huyghens und Hooke vorgetragen, von jenem aber nur weiter auseinander gesetzt wurde, — beruht auf folgenden Grundsätzen:

1. Es gibt eine durch den ganzen Weltraum verbreitete, äußerst feine, flüssige und elastische Materie — Aether genannt. — Die Elasticität derselben ist wenigstens 1000 Mahl größer, als die der Luft, und vermöge dieser Elasticität bleibt der Aether nicht bloß über unserer Atmosphäre, sondern durchdringt sie allenthalben, und bahnt sich einen freyen Durchgang durch die Poren aller Körper.

2. Auf die Theilchen dieser Materie schlagen die leuchtenden Körper, indem sie zittern, eben so, wie die schallenden Körper auf die Luft schlagen. — Euler stellt sich eine an beyden Enden befestigte Saite vor, die, nachdem sie auf der einen Seite ist angezogen und wieder losgelassen worden, auf der andern wieder so weit hinaus schnellet und dadurch die elastische Materie, so sie vor sich findet, in Bewegung setzt. Das Theilchen, so der zurückschnellenden Saite im Wege liegt, wird zusammengedrückt; dieses drückt das zunächst vor ihm liegende zusammen; und so geht es bis auf eine gewisse Weite von der Saite fort, daß die Kügelchen immer weniger und weniger zusammengedrückt werden, bis auf das letzte, welches gar keine Zusammendrückung leidet. — Indem sich aber nachgehends das erste zusammengdrückte Kügelchen wieder ausdehnt: so drückt es auf alle folgende

und treibt sie fort; daher denn das vorerwähnte letzte Kügelchen eben diese Veränderung leidet. Also befindet sich dieses Kügelchen nun in den Umständen, in denen sich zuvor das erste befand, und erregt folglich eben dergleichen Bewegung in einer Menge Kugeln vor ihm, die bis auf eine gewisse Weite von ihm entfernt liegen. Das Kügelchen, das am Ende dieser Reihe lag, die von dem vorigen letzteren in Bewegung gesetzt wurde, kommt also bey der Ausdehnung des vorigen letzten, wieder in die Umstände, in denen das vorige bey der Ausdehnung des ersten war u. s. w.

3. Lichtstrahlen sind daher eine Reihe von Schlägen auf den Aether, die sich bis zu unserem Auge fortpflanzen. — Und so sind denn nach dem Vibrazionssysteme, leuchtende Körper diejenigen, die durch ihr immerwährendes Schlagen dem Aether ringsherum Schläge mittheilen und ihn erschüt-

tern; spiegelnde Körper diejenigen, von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurückfahren; durchsichtige diejenigen, welche die Schläge des Aethers durch sich hindurch fortpflanzen; und undurchsichtige diejenigen, welche durch den erschütterten Aether selbst zu einem Zittern gebracht und dadurch in den Stand gesetzt wurden, den sie berührenden Aether minder in Bewegung zu setzen.

Gegen das Vibrazionssystem sind folgende Einwürfe, die bisher noch Niemand beantwortet hat:

1. Der Schall pflanzt sich nicht allein in gerader Linie; sondern auch von der Seite fort; man sieht aber nur in gerader Linie. Und mit diesem Vibrazionssystem soll sichs doch wie bey dem Schalle verhalten. — Daß sich der Schall nicht allein in gerader Linie fortpflanze, sieht man am besten bey einem Sprachrohre. Man braucht nicht in

derselben Richtung zu stehen, in welcher das Sprachrohr ist, um das Gesagte zu verstehen. — Daß sich aber die Lichtstrahlen in gerader Linie fortpflanzen, ist offenbar. Es würde ja sonst keine Totalsonnenfinsternisse, ja gar keine Nächte geben. Man höret auf der See kanoniren, wenn die Schiffe schon weit unter dem Horizonte sind. Nach dem Vibrazionssysteme müßte man sie da auch sehen können.

2. Die Lehre von der Refraktion der Lichtstrahlen läßt sich durchaus nicht nach der Eulerschen Theorie erklären, wenn man nicht neue Hülfsfiktionen annehmen will. Hingegen an die Newtonsche Hypothese schließt sich diese Lehre ungezwungen an. Dieß aber kann freylich erst weiter unten deutlich gemacht werden.

3. Es ist ganz unverkennbar, daß das Licht bey sehr vielen Naturprozessen, als etwas körper-

liches mitwirkt. Wie in aller Welt könnte man den Einfluß des Sonnenlichtes z. B. auf die Pflanzen und auf das Hornsilber, und so viele andere Dinge mehr, nach der Eulerschen Theorie erklären!

§. 313.

Werth beyder Theorieen.

Will man ja eine Gleichheit zwischen beyden Theorieen suchen: so kann es bloß die Hellheit betreffen. Diese läßt sich aus einer so gut als aus der anderen erklären. Sonst gebühret offenbar der Newtonschen der Vorzug. Wenigstens ist sie das beste Bild, unter welchem man sich die Sache vorstellen kann.

Eigenschaften des Lichts.

1. Rektprogression der Lichtstrahlen.

(Gradlinigte Fortpflanzung — Optik.)

Begriff, Daseyn, Gesetz und Wirkung dieser Eigenschaft der Lichtstrahlen ist be-

kannt und auch schon erwähnet worden. Es ist also nur noch das zu berühren: was wir in Ansehung der Größe, Gestalt, Entfernung u. s. w. der Körper sehen. Und dieß ist um so nöthiger, da hiegegen am meisten in Schriften und im gemeinen Leben angestossen und gesündiget wird.

§. 314.

Sehewinkel oder scheinbare Größe.

Der Sehewinkel oder die scheinbare Größe (im Gegensatze der absoluten Größe) ist derjenige Winkel, den zwey Lichtstrahlen, die von den beyden äußersten Enden eines Gegenstandes ausfahren, mit dem Auge bilden. — Alle Dinge, die unter einem Winkel erscheinen, haben einerley scheinbare Größe; die absolute Größe muß erst durch Messungen ausgemacht werden.

So hat also Sonne und Mond unter Einem Winkel einerley scheinbare Grösse. Denkt man sich eine Reihe von Pfeilen unter einerley Winkel: so haben sie alle einerley scheinbare Grösse.

§. 315.

Grösse der Gegenstände.

Da die Grösse der Gegenstände, wie sie dem Auge erscheint, nicht allein von ihrer wahren Grösse, sondern auch von ihrer Entfernung vom Auge abhängt: so fragt sich's: in welcher Entfernung verschwinden die Gegenstände? Wenn man blau und gelb vermischt, nahe vor das Auge hält, so bemerkt man diese Mischung; in einiger Entfernung aber erscheint sie grün. Die Lichtflamme sieht man des Nachts ungeheuer weit; bey Tage nicht einmahl Silber und Gold so weit. — Tobias Mayer hat hierüber vortreffliche Versuche ange-

stellt. Er fand aus einer Mischung von Farbenquadrätchen, wo weisse und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten, daß die Gegenstände verschwinden, wenn der Sehewinkel bis zu $\frac{2}{3}$ oder zur Hälfte einer Minute abnimmt. Er ging nähmlich immer weiter zurück, bis er die Farben nicht mehr unterscheiden konnte. Da ihm nun der Durchmesser der Quadrätchen bekannt war, und die Entfernung des Auges von denselben gemessen werden konnte: so bestimmte er auf diese Art die Größe des Sehewinkels, unter welchem die Gegenstände dem Auge verschwinden. — Lichtenberg zeigte das Original der von Mayer angegebenen und von Meister gezeichneten Quadrätchen vor, mit welchem diese Versuche von dem ersteren angestellt wurden.

Es ereignen sich in Ansehung des Verschwindens der Gegenstände, in einer gewissen Entfernung, ganz seltsame Erscheinungen. Man sieht auf einem Bogen Pa-

pier, einen schwarzen Punkt in einiger Entfernung nicht; zieht man aber eine Linie dazu, so sieht man ihn. — Eben so sieht man einen Strick in der Ferne, ob man gleich einzelne Theile desselben nicht sehen würde. — So sieht man auch Sterne von 5ter und 6ter Größe, wenn sie neben einem großen Stern stehen, die man sonst nicht sehen würde. — So sah Lichtenberg von seinem Gartenhause aus, hinter Bonden, zwischen dem grünen Felde die gelben Blümchen, die er einzeln gewiß nicht würde gesehen haben. — Dieß Alles ist in der That nicht so leicht zu erklären, als man Anfangs denken sollte. Die Linie, der Strick u. s. w. besteht ja aus einzelnen Punkten und Theilen.

§. 316. 317.

Entfernung der Gegenstände.

Auf den Umstand, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes, auch aus

der Menge der Dinge schließen, die wir zwischen ihm und uns erblicken, gründet sich das bekannte Phänomen, daß der Mond, wenn er Abends über den Horizont herauf kömmt, so groß — „wie ein Mühlrad," hingegen im Meridian, viel kleiner erscheint. Eigentlich ist er vielmehr am Horizont kleiner, als im Meridian. — Daß die Dünste oder die Luft hievon die Ursache seyen, ist leeres Geschwätz. Die wahre Ursache ist vielmehr: es ist Raisonnement. Wir können durchaus nicht Entfernungen sehen, sondern schließen sie blos. Es gehöret aber viel Uebung dazu, Empfindung und Räsonnement von einander zu trennen. Man zeichne sich doch den Mond, ein Mühlrad, einen Teller, und einen Mattir, *) unter einerley Sehewinkel. Was in aller Welt hat man nun für ein Recht, den Mond oder das Mühlrad für größer zu halten, als den Mattir? Un-

*) Eine kleine silberne Scheidemünze im Hannöverischen.

ser Urtheil richtet sich ja blos nach dem Bilde auf der Tunika retina, und auf dieser erscheinen alle diese Gegenstände gleich groß. Man kann ja mit einem Mattir den halben Himmel bedecken. — Daß man nun aber doch das Mühlrad oder den Teller für größer hält, als den Mattir, ist ein bloßer Vernunftschluß. Der Teller war einmahl weiter von uns entfernt, als der Mattir, wir mußten die Hand darnach ausstrecken, wir gingen vorbey: nun sehen wir beyde unter einerley Winkel, und schließen also, daß der Teller größer seyn müsse. — Bey dem Mond nun sind die nahen Berge, Bäume, Häuser oder andere Gegenstände die Ursache, daß er uns am Horizonte größer erscheint. — Hiezu kömmt noch der Umstand, daß wir aus der nähmlichen Ursache, den Himmel nicht für eine Halbkugel, sondern für ein Taschenuhrglas halten. Verlangt man daher von Jemanden, er möchte 45° am Himmel zeigen, so

zeigt er gewöhnlich 30° und also viel niedriger. Er halbirt nähmlich den Bogen vom Taschenuhrglas, und nicht den Bogen von der Halbkugel. So muß ihm nun natürlich auch der Mond im Horizonte viel größer vorkommen, als im Meridian, weil ihm jener viel weiter entfernt zu seyn scheint, als dieser. — Mit einer Zeichnung kann man sich die Sache recht sinnlich machen.

Ein Paar Beyspiele werden dieß noch deutlicher machen, die Lichtenberg selbst erfuhr. Er war einmahl zu London in einer italienischen Oper. Es wurde ein prächtiger Tempel vorgestellt, dessen hinterste Säulen sich weit, weit zurück verloren. Wie er so die Pracht des Tempels anstaunte, kam ein Hund über das Theater im Hintergrunde desselben gelaufen. Der sah aus wie ein Elephant und es entstund ein allgemeines Gelächter darüber. Man verglich ihn nähmlich mit den hintersten Säulen. — So ist es nun gerade auch bey dem Monde.

Ein anderes Beyspiel. Lichtenberg wohnte vorhin in einer sehr hohen Etage, wo also auch das Privet sehr tief war. Einmahl kam er in ein Privet von einer niederen Etage, sah da die halben Bogen liegen, und wunderte sich über die Unsparsamkeit der Leute.

Merkt man sich nur ein paar solcher Beyspiele, so wird man es am Ende recht leicht begreifen, daß man Entfernungen durchaus nicht sehen könne. — So kommen einem auch von einem Berge oder von einem Thurme die Leute unten viel kleiner vor. Allein ausser der schon angeführten Ursache kömmt noch die hinzu, daß wir nicht gewohnt sind, von so hohen Gegenständen hinab zu sehen.

§. 318.

Gestalt der Gegenstände.

Wir sehen von den Körpern bloß ihre Gränzen oder Flächen. Je nachdem uns also die Größe und die Entfernung dieser

Gränzen erscheinen: erscheint uns auch die Gestalt dieser Körper und es finden in Ansehung derselben ebenfalls wieder die mannigfaltigsten Trugschlüsse Statt.

§. 319. 320.

Bewegung der Gegenstände.

Eine Bewegung wird durchaus nicht gesehen, sondern bloß geschlossen. Indeß, wenn die Zeit sehr kurz ist, während welcher man einen Körper an verschiedenen Orten sieht: so pflegt man auch zu sagen: man sehe die Bewegung. Und da entsteht dann die Frage: Wie groß muß eine Bewegung oder Geschwindigkeit seyn, die man sehen kann; Die Bewegung des Minutenzeigers sieht man, aber nicht jene des Stundenzeigers. Wie langsam muß also etwas gehen, damit es aussieht, als ob es ruhte? Man hat dieß auf folgende Art zu berechnen gesucht. Wenn

man einen Stern im Aequator z. B. den obersten im Jakobsstab des Orion eine Sekunde lang betrachtet, so kann man nicht bemerken, daß derselbe während dieser Zeit fortrücke. Demungeachtet aber, rückt dieser Stern innerhalb einer Sekunde um einen Winkel von 15 Sekunden fort. Also wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sein Weg, den er in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht. Nun stellt die Entfernung des Stern vom Auge den Cosinus des Winkels, die Fortbewegung aber in einer Sekunde, den Sinus desselben vor, und aus der Trigonometrie ist bekannt, daß $\text{Tang. } x = \frac{\text{Sin. } x}{\text{Cos. } x}$ seye. Der Sinus des Winkels von 15 Sekunden ist aber = 7273 und der Cos. = 10,000000. Folglich wird ein Gegenstand dem Auge stille zu stehen scheinen, wenn sich sein wahrer Weg zu seiner Entfernung wie 7273 :

10,000000 oder fast wie 1 : 1375 verhält. — Allein man sieht gleich, daß dieß keine allgemeine Regel geben kann. Mancher sieht schärfer als der andere u. s. w.

2. Reflexion der Lichtstrahlen.

(Zurückwerfung — Katoptrik.)

Bey weitem das Allermeiste, was über diese Eigenschaft der Lichtstrahlen gesagt werden kann, gehört in die angewandte Mathematik. Daher soll es denn auch hier nur ganz summarisch abgehandelt werden.

§. 321.

Gesetz der Reflexion.

Die Lichtstrahlen, wenn sie reflektirt werden, werden so reflektirt, wie die Körper beym Stoße und wie die Schallstrahlen. Nähmlich der Angulus incidentiä ist immer dem Angulo reflexionis geich, wenn man in dem Einfalls-

punkt ein Loth errichtet. — In Fig. 51. ist A B die reflektirende Fläche (planum reflectens) E C der einfallende Strahl (radius incidens) C D der reflektirte Strahl (radius reflexus), C F das Einfallsloth (cathetus incidentiae) o der Einfallswinkel (angulus incidentiae) p der Reflexionswinkel (angulus reflexionis). Sehr oft werden auch die Winkel x und y — die bey ebenen Spiegeln ebenfalls einander gleich sind — mit dem Nahmen des Einfalls- und Reflexionswinkels belegt. — Die Ebene durch das Einfallsloth C F und dem einfallenden Strahl E C heißt die Zurückwerfungsebene (planum reflexionis).

Hieraus läßt sich der Weg leicht bestimmen, den ein einfallender Strahl auf was immer für eine reflektirende Fläche — auf eine ebene oder krumme — nach seiner Zurückwerfung nehmen wird. Man errichte nähmlich in dem Einfallspunkte des Strahls

ein Perpendikel, und mache jenseits desselben einen eben so großen Winkel als dießseits ist: der Schenkel jenes Winkels ist der Weg, den der zurückgeworfene Strahl nimmt.

§. 322.

Theorie der Reflexion.

Man wollte dieß Gesetz der Reflexion, nach Analogie des Gesetzes beym Stoße elastischer Körper, durch Kügelchen erklären. Allein es ist gerade so, als wenn man auf dem Billard, Tabatieren, Tintenfässer, Brillen u. s. w. stieße, und nun noch verlangte, daß die Zurückwerfung derselben eben so regelmäßig erfolgen solle, als die Zurückwerfung der elfenbeinernen Kugeln. —

Weit glücklicher leitet Newton die Reflexion der Lichtstrahlen von einer Repulsionskraft der Fläche her, auf welche dieselben fallen, und zeiget, daß ihr Zurückwerfen nicht wirklich auf der Oberfläche

der reflektirenden Körper geschehe, sondern daß sie vor der Zurückwerfung erst gekrümmt und sodann reflektirt werden.

Es sey L M T S (Fig. 52.) ein reflektirender Körper, L M seine reflektirende Fläche, A I ein schief darauf fallender Lichtstrahl, und C D die Gränze, bis zu welcher sich die Repulsionskraft des reflektirenden Körpers erstreckt. Die Bewegung des Strahls A I kann zerlegt werden, in die Paralellkraft P A und in die Perpendikularkraft P I. Nur die letztere erfährt einen Widerstand durch den reflektirenden Körper. Je mehr also der Lichtstrahl A I unterhalb C D sich der Fläche L M nähert: desto mehr wird seine Bahn gekrümmt und er beschreibt nun die krumme Linie I O. In O ist die Perpendikularkraft P I des Lichtstrahls ganz aufgehoben und die Krümmung desselben so stark, daß er mit der reflektirenden Fläche L M eine parallele Richtung hat. Nun kann er sich also derselben nicht weiter nä-

hern, sondern beschreibt zurückweichend, nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte, eine zweyte, der ersten gleiche und ähnliche Hälfte seiner krummlinigten Bahn, nähmlich O H, und wenn er bey H, aus dem Wirkungskreise des reflektirenden Körpers getreten ist, geht er geradlinig in einer Tangente H B der Curve O H fort.

Wie Euler die Reflexion der Lichtstrahlen erklärt, ist schon erwähnt worden. Nach ihm sind, Licht zurückwerfende oder spiegelnde Körper diejenigen, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Schläge desselben blos unter dem Reflexionswinkel zurück senden.

§. 323—325.

Spiegel.

Körper, die die Lichtstrahlen im vorzüglichem Grade reflektiren, sind die Spiegel.

Alle unsere Spiegel sind Metallspiegel; bey den sogenannten Glasspiegeln ist das Glas nichts weiter, als eine bequeme Art von Fassung für den eigentlichen Spiegel, der aus Zinn-Amalgama besteht. — Ein vollkommener Spiegel müßte ganz unsichtbar seyn, und könnte nur die Bilder der Gegenstände darstellen. Hierauf gründet sich Eulers Einwurf gegen das Emanazionssystem, nach welchem die dunkeln Körper durch Lichtstrahlen gesehen werden, die von den Leuchtenden auf sie fallen, und von ihnen zurückgeworfen werden — so wie der Einwurf, in Ansehung der verschiedenen Farben, welche die Körper zeigen. — Was den ersteren betrifft, so können ja die dunkeln Körper, die keine wirklichen Spiegel sind, als ein System von Spiegeln angesehen werden; natürlich aber kann das Gemisch von Strahlen, die zurückgeworfen werden, kein Bild des strahlenden Gegenstandes, sondern nur Erleuchtung des Strahlenauffangenden

Gegenstandes bewirken. — Auf den zweyten Einwurf wird weiter unten geantwortet werden. Nach Newton nähmlich besitzen alle Körper die Eigenschaft, nur diese oder jene Art des weißen Lichts zurückzuwerfen, die übrigen aber entweder durchzulassen oder zu verschlucken. Aus dem schönen Versuche Franklins ergibt sich deutlich genug: daß schwarze Körper mehr Lichtstrahlen verschlucken, als andere. Er nahm verschiedenfarbige kleine Lappen von Tuch und legte sie auf Schnee, der von der Sonne beschienen ward. Die schwarzen Lappen sanken immer zuerst in den Schnee ein, zum Beweise, daß sie weniger Lichtstrahlen reflektirten, als die übrigen.

Ebener Spiegel.

§. 326. 327.

Ort des Bildes.

Die Hauptsache bey den Spiegeln betrifft den Ort des Bildes, oder den

Ort, wo man einen gewissen Gegenstand in denselben sieht. Von den ebenen Spiegeln sagt man gewöhnlich: man sehe den Gegenstand eben so weit hinter dem Spiegel, als derselbe vor dem Spiegel liegt. Allein dieß ist nur geometrisch war; physisch weiß man es nicht. Entfernungen werden ja nicht gesehen, sondern nur geschlossen. — Von dieser Bemerkung wird bey den Hohlspiegeln ein wichtiger Gebrauch gemacht werden.

Daß der erwähnte Ort des Bildes geometrisch wahr sey, läßt sich leicht auf folgende Art darthun. Es sey A B (Fig. 53.) ein Spiegel, in C ein leuchtender Gegenstand, in G das Auge: so fälle man aus C auf den Spiegel das Perpendikel C A — wäre der Spiegel nicht lang genug, so verlängere man ihn im Gedanken — dieß Perpendikel mache man jenseits des Spiegels eben so lang, als es dießseits ist, und ziehe nun aus dem Punkte c nach dem Auge G eine Linie. In c wird man den Gegen-

stand sehen. Nun muß bewiesen werden, daß nach gezogener Auxiliarlinie C D und nach errichtetem Perpendikel D K, die Winkel m und n gleich seyen; denn sind diese gleich, so folget auch, daß der Einfallswinkel x dem Reflexionswinkel y gleich sey. Das Vorige wird aber folgendermassen erwiesen:

C A = A c, laut der Bedingung.
A D = A D weil jede Größe sich selbst gleich ist.
O = p, weil beyde rechte Winkel sind.

Mithin sind die Dreyecke C A D und c A D einander gleich und ähnlich. Folglich ist auch m = q. Aber q = n, weil beyde Vertikalwinkel sind. Also auch m = n. Ist aber m = n, so ist auch x = y und es hat daher mit der Behauptung seine mathematische Richtigkeit; denn das darf woh nicht erst erinnert werden, daß das, was von den einen Punkte C gilt, auch von al-

len übrigen Punkten, des daselbst befindlichen Gegenstandes gelte.

Hieraus ergibt sich nun die Auflösung verschiedener interessanter Aufgaben, von welchen wir einige anführen wollen.

Erste Aufgabe. Kann das Auge in einer gewissen Richtung einen gewissen Gegenstand in der Stube im Spiegel sehen? Es sey der Gegenstand in C (Fig. 53), das Auge G, wo man will, und der Spiegel A B ebenfalls in welcher Lage man will: so verfahre man wie vorhin; fälle aus C das Perpendikel C A auf den Spiegel, den man in Gedanken verlängern muß, wenn er nicht lang genug seyn sollte; und verlängere das Perpendikel bis c, daß C A = A c wird. Kann man nun aus c nach dem Auge G eine Linie ziehen: so wird man den Gegenstand in der Richtung G D c im Spiegel sehen; widrigen Falls kann er nicht gesehen werden. —

Zweyte Aufgabe. Wie groß muß ein Spiegel seyn, darinn man sich ganz sehen soll? Wenn der Planspiegel vertikal steht, so braucht er nur halb so lang und breit zu seyn, als der Gegenstand selbst ist, der sich darinn abbilden soll. Dieß läßt sich am besten durch eine Zeichnung erläutern und beweisen. Es sey Fig. 54. A B ein vertikalstehender Planspiegel, und C D stelle die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wenn man nach der vorhin gegebenen Regel verfährt, so wird man das Bild E F, in O nach den Richtungen O G E und O H F, sehen; und es ergibt sich, daß nur der Theil des Spiegels G H zur Reflexion der Strahlen diene. Dieser Theil ist nun aber gerade der halben Höhe des Gegenstandes gleich; oder $GH = \frac{1}{2} CD$. Dieß erhellet folgendermassen. Es ist nähmlich $EO : GO = EF : GH$ (Kästners Geom. 26 Satz. Zus. 1.) Nun ist $EO = 2\,GO$; also muß auch $EF = 2\,GH$ seyn.

Daß aber E O = 2 G O sey, erhellet daraus, weil E I : I C = E G : G O (Kästn. Geom. 25 Satz. 1.) Nun ist E I = I C, laut der gegebenen Regel; also muß auch E G = G O seyn. Ist aber E G = G O; so ist E O = 2 G O; folglich E F = 2 G H; oder welches einerley ist, G H = $\frac{1}{2}$ E F. Nun ist E F = C D, weil das Bild in einem Planspiegel dem Objekte gleich und ähnlich ist. Mithin G H = $\frac{1}{2}$ C D.

Weit simpler und deutlicher wird alles, wenn man das Auge in C setzt. Da darf man nur aus den Schuhschnallen bey D ein Perpendikel auf den Spiegel ziehen, dasselbe hinter demselben so lang nehmen, als es vor demselben ist, und aus dem Endpunkt eine Linie in das Auge ziehen. — Aber dann macht der Kopfputz der Frauenzimmer, wo die eigentliche Person erst recht angeht, eine gewaltige Ausnahme. In diesem Falle muß also die Antwort auf obige Frage so lauten: der Spiegel muß halb so lang seyn,

als der Mensch bis zum Auge ist, plus der Hälfte der Länge vom Auge bis zum Ende des Kopfzeuges.

Hängt der Spiegel nicht vertikal: so kann die Antwort nur durch Versuche ausgemittelt werden.

§. 329. *)

Anwendungen.

Auf die Zurückwerfung der Lichtstrahlen bey ebenen Spiegeln, gründen sich allerley Instrumente und Spielereyen. Zu jenen gehört der Operngucker, der im Großen Polemoskop heißet. Der Operngucker hat seinen Nahmen von seinem Gebrauche in der Oper. Man kann damit jemand sehen, ohne gerade auf ihn zu sehen. Sonderbar! nun muß man aber

*) §. 328. handelt von der Einrichtung und Materie der ebenen Spiegel, wovon schon oben §. 323. die Rede war.

auf jemand anderen sehen, und beleidigt also diesen! Allein der nimmt es nicht übel; aber der könnte es übel nehmen, auf welchen die Attake gerichtet ist.

Mit dem Polemoskop kann man über Mauern sehen. Ja es könnte jemand auf der Geißmarstrasse (in Göttingen) gehen, und man könnte ihn doch im Auditorio sehen. Nur freylich, daß das Bild bey jeder Reflexion undeutlicher wird. Die Polemoskope dienen auch dazu, den Bauern durch den Leib zu sehen. Sie haben dann die Gestalt, welche Fig. 55. zeigt. B, C, D, E sind Planspiegel, die unter einem Winkel von 45° geneigt sind, A, B, C, D, E, F ist der Weg des Lichts, und in G legt sich der Bauernkerl hinein.

Ganz etwas ähnliches ist es mit einem Taschenspiel, wo durch 2 Hölzer ein Bindfaden gezogen ist, und man denselben mit einem Messer entzwey schneiden läßt.

Wenn man zwey ebene Spiegel in einen Winkel stellt: wie vielmahl vervielfältigt sich das Bild? Kästner hat hierüber die beste Auflösung gegeben. Das Bild erscheint so oftmahl weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. Hält man sein Gesicht zu so gestellten Spiegeln: so befindet man sich in angenehmer Gesellschaft — unter lauter Bekannten. — Auch kann man mit solchen Spiegeln recht gut sein Profil zeichnen.

Krumme Spiegel.

§. 130 – 139.

Die krummen Spiegel werden in konkave und konvexe oder in Hohlspiegel und Bauchspiegel, und jene wieder in sphärische, elliptische, parabolische und hyperbolische; diese in sphärische, cylindrische und ko-

nische eingetheilt, je nachdem nähmlich ihre Fläche einer Kugel, einem Ellipsoid, Paraboloid, Cylinder oder Kegel angehört. Die sphärischen Hohlspiegel sind die merkwürdigsten. Ueber alle nur ein paar Worte.

a. Hohlspiegel.

1. Sphärische Hohlspiegel.

Ueber den Weg den die reflektirten Strahlen bey diesem Spiegel nehmen: ist insbesondere folgendes zu bemerken:

1. Alle Strahlen, die senkrecht auf den sphärischen Hohlspiegel fallen, werden in sich selbst zurückgeworfen.

2. Alle Strahlen, die mit der Axe parallel und derselben sehr nahe, auf den sphärischen Hohlspiegel fallen, werden in einem Punkt zurückgeworfen, der um den halben Halbmesser vom Spiegel entfernet ist, und der Brennpunkt genannt wird.

3. Alle divergirende Strahlen, werden bald weniger divergirend *), bald konvergirend; die konvergirenden hingegen immer mehr konvergirend zurückgeworfen.

Lichtenberg pflegte diese Sätze blos durch eine Zeichnung zu erläutern, welches auch bald Jedermann für sich selbst zu thun im Stande seyn wird. Sie durch Rechnung zu bestätigen, überließ er der Mathematik, welches auch derselben angehört. Aus beyden ergibt sich klar genug, daß die Wirkung der Refraktion bey sphärischen Hohlspiegeln in einer größeren Konvergirung der Lichtstrahlen, als sie vor der Refraktion hatten, bestehe, und daß diese Konvergirung

*) Weniger divergirend, wenn die Distanz des strahlenden Punktes vom Spiegel, kleiner ist, als der halbe Halbmesser; konvergirend, wenn sie größer ist, als dieselbe; parallel, wenn sie derselben gleich ist.

bey weitem in den meisten Fällen in eine Vereinigung derselben übergehe.

Die verschiedenen Erscheinungen und Anwendungen, die in dieser Wirkung ihren Grund haben: beziehen sich vorzüglich auf die vergrößerte oder verkleinerte Abbildung des strahlenden und auf die Entzündung des strahlenauffangenden Gegenstandes.

Sphärische Hohlspiegel vergrößeren den Gegenstand, wenn sich derselbe zwischen den Brennpunkt und dem Spiegel befindet. Liegt er im Brennpunkte selbst, so macht er gar kein Bild; liegt er aber über den Brennpunkt hinaus, so entstehet ein umgekehrtes Luftbild vor dem Spiegel, das bald größer, bald dem Gegenstande gleich, bald kleiner als derselbe ist, je nachdem er weiter vom Brennpunkte wegliegt. Nach der Theorie sollte in eben diesen Fällen, das Luftbild auch, bald in einer größeren, bald in einer gleichen, bald in einer

kleineren Entfernung vom Spiegel erscheinen. Allein hiemit stimmt die Erfahrung nicht überein. Das Luftbild scheinet in jedem Falle auf dem Spiegel selbst zu schweben. Hierüber muß man sich nun gar nicht wundern. Es findet hier eine ganz neue Art des Sehens Statt. Wir sehen ja so außerordentlich wenig; vom Würfel nur das Quadrat, von der Kugel nur den Kreis. Wir sehen Erhabenheiten eben so wenig, als Entfernungen. — Lichtenberg pflegte immer den Versuch über die Luftbilder mit versteckten künstlichen Rosen anzustellen. Das Bild davon war auf dem Hohlspiegel so lebhaft, daß man, nur in einiger Entfernung davon, die Rose natürlich zu sehen glaubte.

Die zündende Kraft der Hohlspiegel ist den Alten unläugbar bekannt gewesen. Daß aber Archimed, im J. 212 vor Chr. bey der Belagerung von Syrakus, die Flotte des Marcellus durch einen Brennspiegel in Brand gesteckt habe, ist eine Fabel. Es

erzählen es bloß spätere griechische Schriftsteller Zonaras und Tzezes, die sich auf Diodor und Dio Kassius berufen, bey welchen die Stellen fehlen. Das Mährchen ist wahrscheinlich auf folgende Art entstanden. Montúcla vermuthet, die Verbrennung der Schiffe sey durch eingeworfenes Feuer geschehen. Weil nun Archimed sich zu Syrakus aufhielt und über Brennspiegel geschrieben haben soll, so ist aus diesen Umständen das Mährchen zusammgesetzt worden. Eine ähnliche Fabel hätte bey der Gelegenheit, als die schwimmenden Batterien der Spanier vor Gibraltar verbrannt wurden, zusammengesetzt werden können. Parker goß gerade damahls Brenngläser. Wären nun keine Zeitungen in der Welt gewesen, und man hätte nach mehreren Jahren diese gleichzeitigen Begebenheiten gelesen: so hätte man sicherlich behauptet, Parker hätte durch seine Brenngläser die Batterien der Spanier verbrannt. Die Geschichte ist wie ge-

sagt ein Mährchen; das sowohl das Stillschweigen der ältern Schriftsteller, welche die Geschichte, wo die Verbrennung hingehört und selbst vieles den Archimed betreffendes, umständlich erzählen, als auch die Unmöglichkeit der Sache gegen sich hat. Und sollte es ja möglich gewesen seyn, so weit zu brennen: so läßt sich noch mit Kästner fragen: ob Archimed wohl den tollen Gedanken habe haben können, eine so ungeheure Unternehmung zu veranstalten, die ein trübes Wölkchen hätte vereiteln können oder ob die Römer so ganz allen Verstand hätten verlieren können, als es zu brennen anfing, von der gefährlichen Stelle nicht wegzufahren?

Indeß man hat diese Sage auf all mögliche Weise zu retten gesucht, und ist dadurch auf sehr lehrreiche Untersuchungen gebracht worden. So kam Pater Kircher auf den Gedanken, aus ebenen Spiegeln, einen, mit dem man so weit brennen kann, zusam-

menzusetzen, welchen der Graf von Büffon und der Marquis von Courtivron weiter ausführten. Ersterer hat durch eine Verbindung von 400 Planspiegeln, die alle Strahlen auf eine Stelle zurückwarfen, in einer Entfernung von 140 Fuß, Bley geschmolzen. Im Grunde aber hatte den Einfall schon Anthemius unter Justinian. Herr von Segner verfiel auch auf einen sehr sinnreichen Einfall, der in einer Dissertation de Speculo Archimedeo Jena 1732 gedruckt ist. Er gründet sich darauf, daß im parabolischen Hohlspiegel alle Strahlen, die mit der Axe parallel einfallen, genau in den Brennpunkt vereiniget werden.

Es haben sich verschiedene Künstler durch Verfertigung großer sphärischer Brennspiegel hervorgethan. Vilette zu Lyon hat 5 große Spiegel verfertiget. Zwey davon kamen in das Kabinet des Königs von Frankreich; einer wurde dem König von Persien geschickt; einer dem König von Dänemark, und der

fünfte ist in Kassel. Noch berühmter sind die Brennspiegel von Tschirnhausen und von Höse in Dresden. Letzterer verfertigte drey; wovon der eine zwey Ellen in der Chorde, und 20 Zoll Brennweite, der andere $2\frac{1}{2}$ Ellen in der Chorde und 22 Zoll Brennweite und der dritte 4 Ellen in der Chorde und 48 Zoll Brennweite hatte. Siehe altes Hamb. Magaz. 5ter und 16ter Band. Die Hösischen Spiegel sind aber parabolische, und gehören eigentlich nicht hieher.

Lichtenbergs großer Brennspiegel ist in Holz gehauen und vergoldet. Er ist so groß, daß dessen Chorde über eine Mannshöhe reicht. Er hängt in zwey Kugeln auf zwey hölzernen Säulen und kann dadurch verschiedene Richtungen erhalten.

Versuch mit 2 gegenüberstehenden messingenen Brennspiegeln. In dem Fokus des Spiegels A wurde auf einem Dreyzack, eine glühende Kohle gelegt. Nachdem diese angeblasen wurde, so

schickte sie auf die Fläche des Spiegels Licht und Wärmestrahlen, welche in einer parallelen Richtung nach dem Spiegel B reflektirt wurden, von wo aus sie wieder in den Fokus dieses Spiegels reflektirt und daselbst vereiniget wurden. In diesem Fokus stack auf einem Stift ein Zunder — und dieser entzündete sich. — Der Versuch ist äußerst schwer anzustellen, besonders in größerer Entfernung wegen der schweren Stellung der Spiegel, deren Axen genau in einer geraden Linie liegen müssen. — Wachskerze thut es nicht; es muß strahlende Wärme seyn. — Die Spiegel bleiben fast ganz kalt. — Mit gläsernen Spiegeln geräth der Versuch nicht. Sie springen eher ehe sie zünden. — Wollte man den Versuch recht schön anstellen, und die zu reflektirenden Strahlen verstärken: so müßte man vor der Kohle, im Zentro des Spiegels A, eine Oeffnung machen, und durch dieselbe die Kohle

mit einem Blasebalg anblasen, besonders mit dephlogistisirter Luft.

2. Andere Hohlspiegel.

Unter den übrigen Hohlspiegeln ist der parabolische der wichtigste. Alle Strahlen, welche mit der Axe parallel auf diesen Spiegel fallen, werden durch die Reflexion genau in dem Brennpunkte der Parabel gesammelt; und alle Strahlen, die aus diesem Brennpunkte divergirend auf den Spiegel fallen, werden parallel zurückgeworfen. Aus dem erstern Umstande erhellet, daß diese Spiegel sowohl zu Brennspiegeln, als zu Spiegel-Telescopen die geschicktesten seyn müssen. Das sind sie auch wirklich. Wenn nur ihre Verfertigung nicht mit so fast unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft wäre! Durch Verfertigung parabolischer Brennspiegel, hat sich Niemand mehr Ruhm, als Höse zu Dresden erworben, wie eben erinnert wurde; so wie sich

Herschel durch Verfertigung seines großen 40 Fuß langen Spiegelel-Telescops, unsterblich gemacht hat.

Der elliptische Hohlspiegel hat die Eigenschaft, daß, wenn der strahlende Punkt in dem einen Brennpunkte der elliptischen Krümmung steht, alle divergirende Strahlen nach dem andern Brennpunkte der Ellipse hingeworfen werden.

Der hyperbolische Hohlspiegel ist von keinem Gebrauch und wird deshalb auch nie verfertigt.

b. Bauchspiegel.

1. Sphärische Bauchspiegel.

Bey den sphärischen Bauchspiegeln läuft Alles auf das Entgegengesetzte der Hohlspiegel hinaus. Ihre Wirkung besteht in einer größeren Divergirung der Lichtstrahlen, als sie vor der Reflexion hatten. Die Gegenstände werden verkleinert in ihnen

abgebildet. Sie sind von keinem Gebrauch. Lichtenberg überging sie ganz.

2. Andere Bauchspiegel.

Auf die konischen und cylindrischen Bauchspiegel gründen sich die sogenannten katoptrischen Anamorphosen. Man sieht leicht, daß der konische Spiegel P Q R (Fig. 56.) dem in O gestellten Auge, den Punkt A in a, B in b darstellt, und also dem Bilde, wovon A B ein Theil ist, ganz andere Lagen und Verhältnisse seiner Theile d. h. eine ganz andere Gestalt gibt. Auf eine ähnliche Art verändern auch cylindrische Spiegel die Gestalten der um sie herliegenden Bilder. Es kömmt also darauf an; ein verzerrtes Bild zu verzeichnen, das in einem Spiegel von gegebener Art, Größe und Stellung, dem Auge aus einem gegebenen Gesichtspunkte regelmäßig erscheine. Um sich doch

von einer solchen Zeichnung für einen konischen Spiegel einen Begriff zu machen, bemerken wir kurz folgendes. Es sey A B (Fig. 57.) der Gegenstand, den man so verzerrt zeichnen will. Wäre der konische Spiegel P Q R nicht da, so würde das Auge in O den Gegenstand nach den Linien O A und O B sehen. Nun aber kömmt der konische Spiegel darauf und bedeckt denselben. Es ist also klar, daß nun die Spitze des Pfeils so gezeichnet werden muß, daß sie einen Strahl nach E schickt, der dann nach dem Auge reflektirt wird. Eben dieß muß nun auch mit dem Bart und den Zwischentheilen des Pfeiles geschehen. Die simple Auflösung ist also die: man mache x = y u. s. w. Um dieß aber zu bewerkstelligen, verlängert man den konischen Spiegel z. B. P Q bis G, und fällt vom Auge ein Perpendikel O I = I K darauf. Aus diesem Punkt K wird nun durch E eine Linie gezogen, bis sie das Papier N S trifft. Das

Nähmliche geschieht nun auch auf der andern Seite. — Man muß sich natürlich zu solchen Zeichnungen einen eigenen Maaßstab verfertigen, und wo es dann nicht gehen will — nachhelfen.

Auf diese Art kann man die Spadille und Basta zeichnen, die der größte L'hombrespieler nicht kennen würde. Besonders würde sich das Coeur Aß zu einer solchen Zeichnung schicken. — Ein regelmäßiges Fünfeck, um dessen jeder Seite ein Bogen beschrieben ist, erscheint durch einen konischen Spiegel betrachtet, ganz vertauscht, nähmlich die Bogen werden zu geraden Linien, und die Linien zu Bogen.

III. Refraktion der Lichtstrahlen.

(Brechung — Dioptrik.)

Eine äußerst wichtige Lehre! Wir haben durch Instrumente, die sich auf dieselbe gründen, den Himmel und den Bau der

Thiere, den innern sowohl, als den äußern kennen gelernt. — Es kömmt bey derselben vorzüglich auf folgende vier Stücke an: auf den Begriff, auf das Gesetz, auf die Theorie, und auf die Wirkungen derselben.

§. 340.

Begriff der Refraktion.

Unter der Refraktion der Lichtstrahlen, versteht man die Ablenkung derselben, wenn sie aus einer durchsichtigen Materie in eine andere von verschiedener Dichtigkeit, in schiefer Richtung übergehen. — Es sey unter A B (Fig. 58.) Wasser, über A B Luft, und C D ein auf die Oberfläche des Wassers schief einfallender Lichtstrahl: so geht er nicht, wie er eigentlich sollte, nach der Richtung D E oder beständig in einer geraden Linie fort; sondern er weicht von diesem Wege ab, und erhält die

Richtung D F. — Umgekehrt wäre unter A B (Fig. 59.) Luft, und darüber, Wasser befindlich: so würde der schief einfallende Lichtstrahl C D, nicht nach der Richtung D E fortgehen, sondern die Richtung D F erhalten. — Man kann sich von dieser veränderten Richtung sehr leicht auch durch die Erfahrung überzeugen. Taucht man einen Stab ins Wasser, so scheint der in dasselbe gesenkte Theil eine andere Linie zu machen, als der ausser dem Wasser befindliche, und der Stab gleichsam gebrochen zu seyn, woher wahrscheinlich auch der Nahme der Refraktion gekommen ist. — Eben so ist es mit einem Stücke Geld, das man in eine leere Caffehtasse legt. Setzt man die Tasse auf den Tisch und tritt nun so weit von demselben zurück, daß das Geld dem Auge zu verschwinden anfängt: so wird es wieder sichtbar, wenn man Wasser in dieselbe gießt. Man hat sich daher vor klarem Wasser in

welchem man so die Steine sieht, gar sehr in Acht zu nehmen.

Die verschiedenen Kunstausdrücke, mit welchen man sich bey der Refraktionslehre bekannt machen muß, sind folgende. Es heißt (Fig. 58. u. 59.)

A B die brechende Fläche.

D der Einfallspunkt (punctum incidentiae.)

G H das Einfallsloth, oder Perpendikel (cathetus incidentiae.)

C D der einfallende Strahl (radius incidens.)

D F der gebrochene Strahl (radius refractus.)

o der Einfallswinkel (angulus incidentiae.)

p der gebrochene Winkel (angulus refractus.)

q der Brechungswinkel (angulus refractionis.)

C G der Sinus des Einfalls-
winkels, oder der Einfalls-
sinus.

FH der Sinus des gebrochenen
Winkels, oder der Brechungs-
sinus.

Die Ebene endlich durch das Einfallsloth und den einfallenden Strahl, heißt die Brechungs-Ebene (planum refractionis).

§. 341.

Gesetz der Refraktion.

Die Refraktion der Lichtstrahlen richtet sich eben so wie die Reflexion derselben, nach einem ewigen und unwandelbaren Gesetze, und dieses Gesetz beruht auf folgenden drey Sätzen:

1. Wenn ein Lichtstrahl, aus einem dünnern Mittel *) in ein dichteres über-

*) So werden die durchsichtigen Materien ge-

geht; so wird er dem Perpendikel zugebrochen.

2. Wenn ein Lichtstrahl aus einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht: so wird er vom Perpendikel abgebrochen.

3. In beyden Fällen bleibt der gebrochene Strahl in der Brechungsebene.

Wenn also Fig. 58. oberhalb A B Luft, unterhalb Wasser ist: so wird der schief einfallende Lichtstrahl C D beym Eintritt ins Wasser nicht nach E fortgehen, sondern dem Perpendikel G H zugelenkt, und der gebrochene Winkel p ist kleiner, als der Einfallswinkel q. — Wenn hingegen oberhalb A B (Fig. 59) Wasser, unterhalb Luft ist: so wird der schief einfallende Lichtstrahl C D vom Perpendikel G H abgelenkt, und der

nant, aus welchen die Lichtstrahlen kommen und durch welche sie gehen. Die drey vorzüglichsten, die in Betrachtung zu kommen pflegen, sind: die Luft, das Wasser, und das Glas.

gebrochene Winkel p ist grösser, als der Einfallswinkel o.

§. 342.

Verschiedenheit der Refraktion.

Die Refraktionen der verschiedenen Mittel entsprechen ihren Dichtigkeiten. Nur aber dürfen sie nicht irgend einen verbrennlichen Bestandtheil haben. Diese vermehren die Refraktion weit stärker, als die bloße Dichtigkeit würde haben thun können. Hieraus hatte auch schon Newton die Brennbarkeit des Diamanten geweissagt, und war schon auf den fast unglaublichen Punkt gekommen, zu vermuthen, daß das Wasser zum Theil aus einer verbrennlichen Substanz bestehen müsse.

§. 343.

Verhältniß der Refraktion.

Der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des gebrochenen Winkels, stehen

immer für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln, in einem beständigen und unabänderlichen Verhältniß. Dieß Verhältniß, das man das Brechungsverhältniß nennt, muß man also kennen. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und dem gewöhnlichen Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe, wie 3 : 2. Das andere fast wie 4 : 3. Es heiße also E der Einfallssinus und B der Brechungssinus; so ist

aus Luft in Glas E : B = 3 : 2
aus Glas in Luft E : B = 2 : 3
aus Luft in Wasser E : B = 4 : 3
aus Wasser in Luft E : B = 3 : 4

§. 344.

Theorie der Brechung.

Die Newtonsche Hypothese über die Brechung der Lichtstrahlen — unstreitig die richtigste unter allen, — reducirt

sich bekanntlich auf die lichtanziehende Kraft der durchsichtigen Körper, und ist kurz folgende:

Man nehme an, daß die verschiedenen durchsichtigen Körper, durch welche die Lichtstrahlen gehen, mittelst ebener Flächen von einander getrennt werden, welche unter sich parallel sind — eine Annahme, die um so eher gestattet werden muß, da sie im eigentlichsten Verstande der Wahrheit ganz gemäß ist, wenn man nur an die Punkte der Berührung denkt. Es bestehe also der durchsichtige Körper A (Fig. 60.) aus Glas und ober und unter seinen parallelen Flächen sey Luft. — Mit diesen Flächen parallel, ziehe man die Linien B C und b c ferner D E und d e, die ersteren oder B C und b c stellen die Entfernung von dem Körper A dar, bey welcher derselbe auf den einfallenden Lichtstrahl zu wirken anfängt; die letzteren oder D E und d e aber, diejenige Entfernung von dem Körper A, bis auf wel-

che sich die lichtanziehende Kraft desselben von außenher erstreckt. Beyde Entfernungen sind zwar sehr klein, müssen aber der Deutlichkeit wegen groß gezeichnet werden.

Es falle nun ein Lichtstrahl F G perpendikulär auf den Körper A. So wie er in H in die Sphäre der Wirksamkeit gelangt, und von dem Köper A stärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus welchem er kömmt: so nimmt seine Geschwindigkeit auf dem Wege von H bis G zu; aber er kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Er geht blos mit zunehmender Geschwindigkeit fort, und erlangt das Maximum derselben bey I, wo der Körper A von aussen auf ihn zu wirken aufhört. Nun wird er von allen Seiten gleich stark angezogen, und geht also mit der bey I erlangten Geschwindigkeit in gerader Linie fort bis i. Von hier oder von i bis h ist nun die Anziehung des Körpers A, seiner Richtung entgegen, aber doch so

groß, wie oben von H bis I; folglich vermindert sich die Geschwindigkeit des Lichtstrahls auf dem Wege i h, wieder eben so rückwärts, als dieselbe wachsend auf dem Wege H I zunahm, ohne daß auch hier eine Abkenkung des Lichtstrahls von seinem Wege Statt fände, und sie ist bey h wieder eben so groß, als sie bey H war. Der senkrecht auffallende Lichtstrahl erleidet also nach Newtons Hypothese keine Brechung, — mit der Erfahrung ganz übereinstimmend.

Fällt der Lichtstrahl K M schief auf den Körper A, so findet alles wie vorhin Statt, nur, daß er von seinem Wege abgelenkt wird. So wie er nähmlich nach L gelangt, fängt der Körper A auf ihn zu wirken an, und dieß dauert wachsend fort, bis der Strahl nach N kömmt, wo die Sphäre der Wirksamkeit von außenher zu Ende ist. Allein diese Wirksamkeit besteht nicht blos in der Vermehrung der Geschwindigkeit des

Lichtstrahls, sondern auch in der Ablenkung von seinem Wege. Die Bewegung desselben nach der Richtung K L läßt sich nähmlich in zwey andere zerlegen, in die Bewegung nach K O, und in die Bewegung nach K W = O P. Auf jene, oder auf K O hat die anziehende Kraft des Körpers A keinen Einfluß, sie wirkt also ungehindert fort, wohl aber auf diese oder auf O P. Diese also nimmt wachsend zu, und jene dauert ungehindert fort, so muß folglich der Lichtstrahl eine krumme Linie L M N beschreiben, die ihre konvexe Seite dem Perpendikel Q R zukehrt. — So wie der Lichtstrahl in N an der Gränze der Sphäre der Wirksamkeit ist, wird er von allen Seiten gleich stark angezogen, und geht also mit der Geschwindigkeit und in der Richtung, die er daselbst erhalten hat, in der Linie N n fort, welche als die Tangente der krummen Linie L M N zu betrachten ist, und welche dem Perpendikel Q R näher

gekommen, und dasselbe unter dem kleineren Winkel n N R schneidet, als die erstere Richtung K L gethan haben würde. — Kömmt der Strahl nach n, so fängt die anziehende Kraft des Körpers A entgegengesetzt, auf seine perpendikuläre Bewegung n S zu wirken an, ohne daß die parallele M S gehindert würde. Es nimmt also diese Bewegung bey dem Fortgange des Strahls stufenweise wieder ab, und es wird seine Bahn, eben so von n nach m und l zu, auf die entgegengesetzte Seite gebogen, als es von L nach M und N zu, geschah. — In l verliert er endlich seine ganze Perpendikulärgeschwindigkeit, die er in N hatte, so daß jetzt dieselbe derjenigen gleich ist, die er in L hatte. Mit dieser Geschwindigkeit bewegt er sich nun in der Linie l k fort, welche die Tangente der krummen Linie n m l und vom Perpendikel Q R abgelenkt ist. — Schief einfallende Lichtstrahlen, werden daher

dem Perpendikel zugebrochen; wenn sie aus einem dünnern Mittel in ein dichteres treten, und von demselben abgelenkt, wenn der entgegengesetzte Fall eintritt — der Erfahrung ganz gemäß. *)

Wäre bey der Annäherung des Lichtstrahls an die untere Fläche des Körpers A, sein Einfallswinkel y so groß, daß die krumme Linie mit der Fläche schon parallel würde, ehe der Strahl selbige erreicht; so verschwindet seine Perpendikulärgeschwindigkeit ganz, und er wird folglich anstatt gebrochen zu werden, zurückgeworfen. Dieß ist also die Ursache, warum, wenn die

---

*) Anmerkung. Daraus, daß die entgegengesetzten Krümmungen LMN und nml einander ganz gleich sind: ergibt sich auch der besondere Fall, daß die Richtung des Lichtstrahls in lk mit der in KL parallel seyn müsse — wie auch die Erfahrung lehrt.

Strahlen bey dem Uebergange aus einem dünnen Mittel in das dichtere so schief auffallen, daß der Brechungssinus größer werden müßte, als der Sinus Totus — was natürlich unmöglich ist — gar keine Brechung Statt findet, sondern dieselbe sich in eine Zurückwerfung verwandelt.

Eben so klar und deutlich, läßt sich aus der Newton'schen Hypothese, die Permaneität des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und Brechungswinkels herleiten und erklären. Es ergibt sich nähmlich aus derselben auf das Deutlichste, daß dieß Verhältniß, nicht von der tausendfach veränderlichen Größe des Einfallswinkels, sondern einzig und allein von der unveränderlichen Anziehungskraft des brechenden Körpers abhänge und von der dadurch bewirkten vermehrten Geschwindigkeit des einfallenden Strahls. Und wie leicht

läßt sich nicht beweisen, daß die alte Geschwindigkeit desselben zu dieser neuen, in dem unveränderlichen Verhältnisse der beyden Sinuse stehe, und folglich dieses Verhältniß immer dasselbe bleibe!

Man lasse nähmlich den Lichtstrahl A B (Fig. 61.) in was immer für einer Richtung, aus der Luft, auf die Glasfläche C D fallen; ziehe das Einfallsloth E F; und bestimme nach dem bekannten Verhältniß, die Richtung des gebrochenen Strahls B G.

Die Geschwindigkeit des einfallenden Strahls A B, läßt sich in die parallele A H und in die perpendikuläre A I = H B zerfällen. Jene oder A H wird durch die anziehende Kraft des Glases nicht verändert, bleibt also auch nach der Brechung dieselbe; und der Lichtstrahl A B muß folglich, in eben der Zeit, in welcher er sich vor der Brechung um den Raum A H dem Perpendikel E F näherte, nach derselben, um den gleichen Raum K L sich davon ent-

fernen. Bringt man also K L = A H, in paralleler Entfernung von C D, dahin zwischen dem gebrochenen Strahl und dem Einfallslothe, wohin es gerade paßt: so hat man den ganzen, genau begränzten Weg B K, welchen der Lichtstrahl nach der Brechung nimmt, und der, da er sich in den Weg B M = K L = A H und in den Weg B L zerfällen läßt, in eben der Zeit zurückgelegt werden muß, in welcher A B zurückgelegt wird.

Wohl aber wird die perpendikuläre Geschwindigkeit H B des einfallenden Strahls A B durch die Anziehungskraft des Glases verändert, und zwar vermehrt wie die Hypothese annimmt. Aber diese Vermehrung bleibt immer dieselbige oder eine gleichförmige, weil ja die Anziehungskraft des Glases sich immer gleich bleibt. Folglich muß H B mit B L ein immer gleiches Verhältniß haben, indem ja H E die perpendikuläre Geschwindigkeit des Lichtes vor der Bre-

chung, BL aber dieselbe durch die Brechung vermehrt vorstellt.

Haben aber die perpendikulären Geschwindigkeiten H B und B L ein immer gleiches und unwandelbares Verhältniß: so müssen es auch die ganzen Geschwindigkeiten A B und B K haben, weil ja ihre parallelen Geschwindigkeiten A H und K L einander ganz gleich sind.

Und welches ist denn dieses Verhältniß?

da A B : A H (= K L) = Sin. Totus : Einfallssinus, und

K L : B K = Brechungssinus : Sin. Totus.

---

so ist auch A B : B K = Brechungssinus : Einfallssinus;

oder die Geschwindigkeit des Lichtes vor der Brechung, zu der nach der Brechung, verhält sich umgekehrt, wie der Brechungssinus zum Einfallssinus.

Nach Eulers Theorie erfolgt die Brechung, wegen des Anstosses an einen elastischen Körper, dessen Dichte oder elastische Kraft, vom Aether dergestalt unterschieden ist, daß sich die Lichtstrahlen mit veränderter Geschwindigkeit bewegen. Siehe Fig. 62. Aber wer in aller Welt, kann von Schwingungen der Lichtstrahlen so etwas beweisen! Hingegen wie natürlich nach dem Emanationssystem! Ein Lichtstrahl wird da stärker angezogen, als der andere. Man denke nur an die chemischen Affinitäten.

Wie das Brechen in Ebenen geschieht.

§. 345.

Weg der gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Gesetze der Refraktion (§. 341.) ergeben sich für ebene Flächen folgende besondere Sätze:

1. Parallele Strahlen in einer Ebene gebrochen, bleiben parallel, sie mö-

gen aus einem dünnern in ein dichteres, oder aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergehen.

2. Divergirende Strahlen in einer Ebene gebrochen, divergiren weniger, wenn sie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn sie in ein dünneres treten.

3. Konvergirende Strahlen, in einer Ebene gebrochen, konvergiren weniger, wenn sie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn sie in ein dünneres treten.

4. Geht ein Lichtstrahl durch ein durchsichtiges Mittel, das mit zwey parallelen Ebenen begränzt ist, wieder in das vorige ge Mittel über: so ist seine Richtung der vor dem Brechen parallel.

5. Geht ein Lichtstrahl durch ein durchsichtiges Mittel, das von zwey nicht parallelen Ebenen begränzt wird: so wird er beym Ausgange aus demselben, eine andere Richtung, als beym Eingange haben.

6. Geht ein Lichtstrahl durch mehrere mit parallelen Ebenen einander berührende Mittel von verschiedener Dichtigkeit: so wird im letzten derselben die Brechung derselben so groß seyn; als wenn der Strahl unmittelbar, aus dem ersten Mittel in das letzte übergangen wäre.

§. 346. 347.

Erscheinungen, die sich hierauf gründen.

Alle Erscheinungen, die sich auf die Refraktion der Lichstrahlen in ebenen Flächen gründen, beziehen sich entweder auf eine Ortsverrückung oder auf eine Vervielfältigung des strahlenden Gegenstandes.

Zur erstern gehören besonders folgenge Phänomene:

1. Daß ein Gegenstand hinter einem ebenen Glase, dem Auge in

seiner natürlichen Grösze und Gestalt, aber um den dritten Theil der Dicke des Glases näher liegend, erscheint.

2. Daß eine Münze in einem Gefäße z. B. in einer Caffeetasse, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird — wie schon oben angeführt wurde.

3. Daß der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint.

4. Daß ein Stock im Wasser gebrochen erscheint — woher ohne Zweifel das ganze Phänomen der Brechung der Lichtstrahlen seinen Nahmen hat.

5. Daß ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ungefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu, gesehen wird.

6. Daß die Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem

wirklichen Untergänge, wahrgenommen werden können — und ähnliche Erscheinungen mehr.

Zur zweyten, oder zur Vervielfältigung des strahlenden Gegenstandes, gehören die Rautengläser, das Phänomen mit dem Isländischen Doppelspath und die dioptrischen Anamorphosen. Die Rautengläser vergaß Lichtenberg nie den Fürsten zu empfehlen, die sich nur ein paar Mann Soldaten halten können *).

---

*) „Ich kann nicht leugnen — sagt er hier„über in seiner Erklärung der Hogarth. „Kupferstiche 5te Brief. S. 21. — Daß es „mich bey den jetzigen ungeheuren Fort„schritten in den optischen Wissenschaften, „wodurch selbst die gewöhnlichsten Men„schen, in den Stand gesetzt werden, Ent„deckungen zu machen, oder am Himmel zu „messen, so wie Damen etwa oval drech„seln, nicht wenig befremdet hat, daß noch „Niemand auf den Einfall gekommen ist,

Die Erscheinung beym **Isländischen Krystall**, war von jeher das Crux Physicorum und ist bis auf diese Stunde noch nicht erklärt. Die Hauptschwierigkeit dabey

---

„diesen großen Wink der Natur, ich meine „die polyedrischen Gläser aller Art politisch „und statistisch zu nutzen. Denn da sich offenbar durch diese Gläser, nicht allein einzelne Hirsche und wilde Schweine zu ganzen Heerden, sondern auch einzelne Soldaten zu ganzen Bataillons, mit sehr geringen Aufwand und ohne allen Schaden für „das Land vervielfältigen lassen, so könnte „manchem Monarchen der zwölften Größe, „der alles dieses nur zum Staat oder Zeitvertreib hält, ein großer Dienst damit geschehen, und ein noch grösserer den Unterthanen. Ja, es ist und bleibt in dieser Rücksicht eine Frage, ob nicht gerade **dieser** „**Gebrauch** vom geschliffenen Glase, dem „menschlichen Geschlechte mehr wahren Nutzen gewährte, als Alles, was es uns bis „jetzt über Sternen-Nebel, und Infusions-Thierchen gelehret hat. Man hat „über der Vergrösserung der Gegenstände „die Vervielfältigung derselben vergessen, „die ungleich mehr werth ist."

ist folgende: einmahl werden die dadurch gesehenen Gegenstände verdoppelt, oder es findet eine doppelte Refraktion Statt. Und dann, wenn man einen andern Doppelspath in homogener Richtung darunter hält, so verdoppeln sich die Strahlen nicht, aber in heterogener Richtung verdoppeln sie sich wieder. Siehe Fig. 63. und Fig. 64. Wer nun dieß durch Vibration erklären sollte! Der Alles erklärende Silberschlag hat gerade das Schwerste bey der Sache nicht einmahl berührt. Siehe die Note Lichtenbergs §. 346. des Verfassers. *)

Unter dioptrischen Anamorphosen werden Zeichnungen einzelner Theile von Gegenständen verstanden, die durch ein polyedrisches Glas betrachtet, als ein Ganzes erscheinen.

*) Einen nützlichen Gebrauch des Doppelspaths hat Rochon für die Fernröhre erfunden. Siehe A. L. Z. 1803. Intbl. 155.

Brechen der Lichtstrahlen in gekrümmten Flächen.

§. 348. 349.

Linsen oder Linsengläser. (lentes.)

Zu den Linsengläsern bedient man sich blos der sphärischen, und theilt sie in Konvexgläser und in Hohlgläser ein. — Zu jenen gehören folgende Linsen:

1. Die konvexkonvexe (lens utrinque convexa.)
2. Die plankonvexe (lens plano-convexa.)
3. Der Meniskus oder Mond (Meniscus, Lunula.)

Zu den Hohlgläsern gehören folgende Linsen:

1. Die konkavkonkave (lens utrinque concava.)

2. Die plankonkave (lens plano-concava.)

3. Die konkavkonvexe (lens concavo-convexa.)

Die beyden ersten konvexen Linsen, die utrinque konvexe und die plankonvexe, heißen von ihrer Gestalt im eigentlichen Verstande Linsen. — Der Meniskus ist eigentlich auch ein konkavkonvexes Glas. Allein verba valent sicut nummi. Unter konkavkonvexer Linse versteht man eine solche Linse, deren eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen. Beym Meniskus ist aber der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner als der hohlen.

Ausser diesen sechs Linsengläsern lassen sich noch zwey gedenken: utrinque planes und ein eigentlich konkavkonvexes, dessen hohle und erhabene Seite einerley Halbmesser hat, wie z. B. ein Uhrglas.

Bey jenen können die beyden ebenen Flächen angesehen werden, als wären ihre Halbmesser unendlich. Die Axe steht auf sie senkrecht. Das gleichförmig konkavkonvexe Glas bricht die Strahlen, wie ein planes Glas.

§. 350—353.

Weg der durch Linsen gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Gesetze der Refraktion (§. 341.) und aus dem Verhältniß derselben (§. 343.) ergeben sich für die Linsengläser folgende besondere Sätze:

a. bey Convexgläsern oder erhabenen Linsen.

1. Wenn parallele Strahlen auf erhabene Linsen nahe bey der Axe des Glases fallen: so werden sie nach der Brechung in einem Punkt vereinigt, welcher der Brennpunkt heißt.

2. Wenn divergirende Strah-

len auf erhabene Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung

α. weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes kleiner ist, als die Brennweite der Linse;

β. parallel, wenn der leuchtende Punkt selbst im Brennraum sich befindet;

γ. konvergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes größer ist, als die Brennweite der Linse.

3. Wenn konvergirende Strahlen auf erhabene Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung noch mehr konvergirend.

b. Bey Hohlgläsern oder konkaven Linsen.

1. Wenn parallele Strahlen auf hohle Linsen, nahe bey der Axe des Glases fallen: so werden sie nach der Brechung divergirend.

2. Wenn divergirende Strahlen auf hohle Linsen fallen: so werden sie nach der Brechung, entweder

α. weniger konvergirend, oder

β. parallel, oder

γ. gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz grösser oder geringer ist.

Alle diese Sätze lassen sich theils durch Zeichnungen erläutern, theils durch Rechnungen bestätigen. Auf keines von beyden ließ sich Lichtenberg ein, da beydes der Mathematik angehört. Er begnügte sich in der ersteren Hinsicht, eine allgemeine Anweisung zu geben, wie solche Fälle gezeichnet werden müssen; in der letzteren blos das Resultat aus allgemeinen Rechnungen in den bekannten Formeln $f = \frac{2Rr}{R + r}$ und $\varphi = \frac{df}{d - f}$ anzugeben; und empfahl dann alles dem sorgfältigen Otio domestico.

Was die Zeichnung betrifft: so geschieht sie, wie bey ebenen Flächen. Man hat dabey noch den Vortheil, daß man das Perpendikel sogleich vom Mittelpunkt der Linse auf den Einfallspunkt ziehen kann. Auch gewähren die oben angeführten Formeln große Erleichterungen.

Die Bedeutung dieser Formeln ist nun folgende. Da der Punkt, in welchem parallele Strahlen, wenn sie auf erhabene Linsen fallen, nach der Brechung vereiniget werden, der Brennpunkt (focus) und seine Entfernung von der Krümmung des Glases, die Brennweite (distantia focalis) heißt — aus der nähmlichen Ursache, wie bey den Hohlspiegeln: so kömmt alles darauf an, die Größe dieser Brennweite zu kennen. Nun diese Brennweite wird gefunden: wenn man die Länge des einen Halbmessers mit der Länge des andern multiplicirt und das Produkt mit

der halben Summe dieser Halbmesser (beym Meniskus, mit der halben Differenz) dividirt; oder, sie ist dem doppelten Produkte beyder Halbmesser, dividirt durch ihre Summe gleich; folglich

$$f = \frac{2 R r}{R + r}, \text{ wo}$$

R der Halbmesser der Vorderfläche
r der Halbmesser der Hinterfläche

bedeutet; unter der Vorderfläche diejenige verstanden wird, die gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist; und die Dicke des Glases, in Vergleichung mit den Halbmessern in keine Betrachtung kömmt, so daß man also die Brennweite, von welcher Fläche man will, rechnen kann.

Beym gleichförmig utrinque konvexen Glase also, wo R = r, ist die Brennweite oder $f = \frac{2 R R}{R + R} = \frac{2 R^2}{2 R}$

$= \frac{R^2}{R} = R$; folglich dem gemeinschaftlichen Halbmesser der beyden Flächen des Glases gleich. —

Bey einer Kugel von Glas, wo man aber die Dicke nicht bey Seite setzen darf, liegt der Brennpunkt um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben.

Beym plankonvexen Glase, ist die Brennweite oder $f = \frac{2Rr}{r} = 2R$; oder $= \frac{2Rr}{R} = 2r$, je nachdem r oder R unendlich ist, d. h. je nachdem die ebene oder die erhabene Seite vorwärts — gegen den strahlenden Punkt gekehret ist, allemahl nähmlich so groß, als der erhabenen Seite Durchmesser. Eigentlich heißt auch hier die Formel nur $\frac{2Rr}{R+r}$. Allein hier zeigt sich recht der Nutzen der Analyse, so wie überhaupt bey den optischen

Wissenschaften. Wenn z. B. $R = \infty$, so ist $\frac{2Rr}{R+r} = \frac{2\infty r}{\infty + r} = 2r$; oder in Zahlen, wenn $r = 4$, so ist $\frac{2.\,4.\,\infty}{4 + \infty}$ $= 2.\,4 = 8$; ja nicht $= \frac{2.\,4}{4}$; denn wenn zum Unendlichen auch etwas Endliches addirt wird, so bleibt es doch immer unendlich. Bey der Multiplikation aber ist es anders.

Beym Meniskus ist die Brennweite oder $f = \frac{-2Rr}{R-r}$ oder $\frac{-2Rr}{r-R}$; je nachdem die erhabene oder hohle Seite vorwärts d. h. gegen den leuchtenden Gegenstand gekehrt ist. Ist nähmlich die erhabene Seite vorwärtr gekehrt, so ist r verneint; ist die hohle Seite vorwärts gekehrt, so ist R verneint; denn R bedeutet ja immer den Halbmesser der Vorderfläche und r den Halbmesser der Hinterfläche.

— Mit andern Worten: man findet die Brennweite beym Meniskus, wenn man das Produkt der Halbmesser mit ihrer halben Differenz dividirt; oder sie ist gleich dem doppelten Produkte beyder Halbmesser durch ihren Unterschied dividirt.

Beym utrinque planen Glase wäre die Brennweite oder $f = \frac{2\,R\,r}{R + r}$ $= \frac{2.\infty.\infty}{\infty + \infty} = \infty$

Aus diesem Allen ergibt sich deutlich genug, welche Erleichterung diese Formeln, bey der Zeichnung der Brechungsfälle gewähren, vorzüglich beym gleichförmig utrinque konvexen und beym planokonvexen Glase. Bey jenem ist der Brennpunkt in der Entfernung des gemeinschaftlichen Halbmessers; bey diesem, in der Entfernung des Durchmessers der erhabenen Seite. Beym Meniskus müssen

die Halbmesser gemessen werden, und dann liegt der Brennpunkt in der Entfernung des doppelten Produktes derselben durch ihre Differenz dividirt.

Divergirende Strahlen, vereinigen sich bey erhabenen Linsen, nach der Brechung auch zuweilen in einen Punkt. Diesen Punkt nennt man zum Unterschied vom Brennpunkte der parallelen Strahlen, den Vereinigungspunkt und seine Entfernung von der Krümmung des Glases die Vereinigungsweite. Für diese also gilt die Formel

$$\varphi = \frac{d\,f}{d - f}, \text{ wo}$$

d die Entfernung des Objektes vom Glase

f die Brennweite des Glases $= \frac{2\,R\,r}{R + r}$

bedeutet, und wo wieder die Dicke des Glases in Vergleichung mit den Halbmessern in keine Betrachtung kömmt, z. B. es sey für einen Meniskus,

$R = 3$ Zoll

$r = 4$ Zoll, so ist die Brennweite =

$$\frac{+2 . +3 . -4}{+3 - 4} = +24.$$ Steht nun der leuchtende Gegenstand 36 Zoll weit vor dem Glase, so ist die Vereinigungsweite =

$$\frac{36 . 24}{36 - 24} = \frac{864}{12} = 72 \text{ Zoll.}$$

Es ist nicht nöthig diese Formel durch alle erhabenen Linsengläser durchzuführen, da es dabey weiter keine Abkürzungen gibt. Aber das verdient bemerkt zu werden, daß auch diese Formel so viele Erleichterung bey der richtigen Zeichnung solcher Fälle gewährt. Denn gerade diese Fälle — wo die divergirenden Strahlen nach der Brechung sich in einen Punkt vereinigen — sind besonders schwer zu zeichnen. Die Linsen müssen nähmlich sehr dünne genommen werden, und da sind dann die Instrumente zu grob und die Augen zu schwach. Nimmt man sie dicker so wird der Raum zu enge, und es gibt

Unrichtigkeiten gerade wegen der Dicke der Linse. Man weiß nähmlich nicht, von welcher Fläche man die Brennweite anfangen soll.

Für die Vereinigung der *konvergirenden* Strahlen bey *erhabenen* Linsen, gälte die nähmliche Formel, wie bey den divergirenden. Aber sie ist hier von keinem Gebrauch, weil jene Vereinigung in keine Betrachung kömmt.

Bey den *Hohlgläsern* findet überall gerade das Entgegengesetzte Statt.

Dort ist die negative *Brennweite* oder $f = \frac{2 . -R . -r}{-R - r} = \frac{+2Rr}{-(R+r)}$ $= \frac{2Rr}{-R-r}$; und die *negative Vereinigungsweite* oder

$\varphi = \frac{+d . -f}{+d-(-f)} = \frac{-df}{d+f}$. Man nennt beyde auch die *Zerstreuungswei-*

re, jene für parallele, diese für divergirende Strahlen.

§. 354—361.

Wie die Linsen Bilder zeigen.

Es ist hierüber folgendes zu bemerken:

1. **Der Ort des Bildes liegt im Konvergenzpunkte der gebrochenen Strahlen.** Dieß ist aus den Grundsätzen über den Ort der Bilder bekannt. Da sich nun dieser Konvergenzpunkt durch Rechnungen finden läßt, so wird sich auch die Entfernung des Bildes durch Rechnung, und also durch eine allgemeine Formel bestimmen lassen. Mit einem Worte, Entfernung des Bildes und Vereinigungsweite (S. 422.) und Brennweite (S. 417.) ist vollkommen einerley. Man findet sie also nach der bekannten Formel:

$$\varphi = \frac{d\,f}{d - f}$$ (S. 304.), wo

d, die Entfernung des Objektes vom Glase, und f, die Brennweite desselben =

$\frac{2 R r}{R + r}$ (S. 302.) bedeutet. Die Entfernung des Objektes vom Glase verhält sich immer zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objektes zum Halbmesser das Bildes.

2. Das Bild erscheint immer vor dem Glase, wenn der Gegenstand hinter demselben, und das Glas also zwischen beyden liegt. Bey den Bildern der Spiegel ist dieß gerade umgekehrt, die Fälle ausgenommen, wo Gegenstand und Bild vor denselben ist.

3. Hohlgläser geben keine Bilder, sondern blos die konvexen. Die Hohlgläser zerstreuen ja die Strahlen, wie wir gesehen haben. Da nun aber der Punkt eines Bildes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden, wo es also

einen Konvergenzpunkt der gebrochenen Strahlen gibt, dieses aber bey Hohlgläsern nicht der Fall ist: so sieht man, daß sie auch kein Bild von den Gegenständen machen können. Sie fahren aber aus dem Glase in einer solchen Lage auseinander, daß sie rückwärts verlängert, hinter dem Glase in einerley Vereinigungspunkt zusammen laufen würden. Daher nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunkt der Strahlen, als das Bild des Objektes an. Dieß Bild ist aber nur ein mathematisches und kein physisches Bild.

4. Auch Convexgläser geben nur in gewissen Fällen Bilder. Es ist darüber folgendes zu bemerken:

a. Wenn der Gegenstand unendlich weit vom Glase entfernt ist, so erscheint das Bild im Brennpunkte des Glases. Alle Strahlen nähmlich, die in diesem Falle von dem Gegenstande ausfahren und auf die Linse fal-

len, sind als **parallel** anzusehen. Wenn aber parallele Strahlen auf konvexe Linsen fallen, so werden sie nach der Brechung in dem Brennpunkt derselben vereinigt. (S. 300.) Man kann also auch sagen: wenn (mit der Axe des Glases) parallele Strahlen auf erhabene Linsen fallen, so erscheint das Bild im Brennpunkt derselben. Näher kann kein Bild dem Glase liegen, als der Brennpunkt liegt.

b. **Wenn sich der strahlende Gegenstand im Brennpunkt des Glases befindet, so macht er gar kein Bild.** Er kann nähmlich in diesem Falle nur divergirende Strahlen auf die Linse schicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn der leuchtende Gegenstand sich im Brennraum befindet, nach der Brechung zu parallelen (S. 300.) die also nie, oder in einer unendlichen Entfernung zusammenlaufen. Man kann also auch sagen: der

Gegenstand, macht ein unendlich grosses Bild, in einer unendlichen Entfernung.

c. Wenn der Gegenstand weiter vom Glase, als der Brennpunkt liegt, (nur nicht unendlich weit (a).) so erscheint das Bild verkehrt und weiter vom Glase entfernt, als die Brennweite beträgt. Der leuchtende Gegenstand, kann nähmlich in diesem Falle, wieder nur divergirende Strahlen auf die Linsen schicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn die Entfernung des Gegenstandes größer ist, als die Brennweite, nach der Brechung konvergirend (S. 300). — Je näher das Objekt dem Brennpunkte des Glases kömmt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg und wird zugleich desto größer. Es verschwindet endlich ganz, wenn das Objekt in den Brennpunkt des Glases zu stehen kömmt. (b)

d. Wenn der Gegenstand näher nach dem Glase liegt, als der

Brennpunkt, so kann gar kein Bild entstehen. Es kommen nähmlich hier wieder nur divergirende Strahlen in Betrachtung. Diese fahren aber in diesem Falle nicht zusammen, sondern bleiben divergirend, obgleich ihre Divergenz etwas vermindert wird. (S. 300.) Es gibt also für das Auge, keinen Convergenzpunkt der gebrochenen Strahlen.

5. Converxgläser geben also nur in den zwey Fällen Bilder, wenn parallele Strahlen auf sie fallen, und wenn divergirende von einem Gegenstande kommen, der weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite beträgt. — Mit einer Lichtflamme kann man sich dieß recht sinnlich erläutern. Das Bild davon; stellt sich hinter einer konvexen Linse klein und verkehrt dar, wenn die Flamme weit vom Brennpunkt der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die

Flamme dem Brennpunkte näher kömmt; und verschwindet endlich ganz, wenn die Flamme in den Brennpunkt tritt.

IV. Disjunktion der Lichtstrahlen.

(Spaltung des Lichts. — Farbenlehre.)

Wir haben bisher das Licht; als einfach, und gleichartig betrachtet. Aber so ist es nicht; es ist vielmehr zusammengesetzt und gemischt. Jeder Lichtstrahl läßt sich als ein Bündel von verschiedenen Lichtstrahlen betrachten; jeder läßt sich in mehrere andere spalten, die dem Stamme durchaus nicht mehr gleichen. Diese Eigenschaft derselben, könnte man die Spaltung oder Disjunktion des Lichts nennen. Gewöhnlicher wird sie, weil die Spaltung durch eine verschiedene Brechung bewirket wird, die verschiedene Brechbarkeit des Lichts (diversa refrangibilitas lucis) genannt, und beym

Artikel der Refraktion abgehandelt, von dem sie auch als ein Appendix angesehen werden kann.

Die größte Entdeckung die Newton gemacht hat, ist unstreitig die Spaltung des Lichts durch das Prisma. Er machte sie im J. 1666, in eben demselben, in welchem er auch das allgemeine Gravitationsgesetz entdeckte, und gründete darauf seine wahrscheinlich ewig bestehende Theorie von den Farben. Zuerst von jener Entdeckung, und dann von dieser Anwendung derselben. Und dabey überall auch von Eulers Meinung über die nähmlichen Gegenstände.

§. 362—366.

Newtons Erfahrung mit dem Prisma.

Die vorzüglichsten Erfahrungen, welche Newton über die Spaltung des Lichts durch das Prisma machte, sind folgende:

1. Wenn man durch ein kleines rundes Loch, von ungefähr ¼ Zoll im Durchmesser, die Sonnenstrahlen A B (Fig. 65.) in ein dunkles, verfinstertes Zimmer gehen, und daselbst auf ein gläsernes, horizontal gestelltes, dreyseitiges Prisma C D E fallen läßt; so bilden sie nach dem Durchgang durch das Prisma auf der vertikal stehenden Wand F G, ein längliches Farbenbild H I (spectrum), das an den beyden Seiten durch gerade, parallele Linien, oben und unten aber von Halbkreisen begränzt ist; und an welchem leicht, von unten nach oben zu, folgende Farben zu unterscheiden sind:

1. roth (rubeus, rouge)
2. orange (aurantius, orange)
3. hellgelb (flavus, jaune)
4. grün (viridis, verd)
5. hellblau (caeruleus, bleu)
6. indigoblau (indicus, indigo)
7. violett (violaceus, violet,)

Anstatt also, daß die Strahlen, ein rundes weißes Bild der Sonne bilden sollten, weil ja bey der Brechung in ebenen Flächen, parallele Strahlen parallel bleiben: bilden sie dieses länglichte Farbenbild, das gerade fünf Mahl länger, als breit, und so breit ist, als das runde, weiße Bild seyn würde, das sie ohne Prisma hervorgebracht haben würden. — Das nähmliche findet auch bey jeder andern Art von Lichtstrahlen Statt, und nicht allein bey den eigentlichen Sonnenstrahlen.

2. Wenn was immer für einer von den sieben gefärbten Strahlen, durch eine geschickte Vorrichtung, von den übrigen abgesondert und mit einem zweyten Prisma aufgefangen wird: so verändert er nach dem Durchgang durch dieses Prisma seine Farbe nicht und bildet auf der Wand ein kreisförmiges Bild, und dieses Bild erscheint daselbst, entweder höher oder nie-

driger, je nachdem es einer von den Strahlen ist.

Die Vorrichtung, der sich Newton zu dieser Erfahrung bediente, war folgende. Hinter das Prisma C D E (Fig. 66.) stellte er in vertikaler Lage und in hinlänglicher Entfernung ein Brett K L mit einem kleinen Loche, und ließ durch dieses Loch einen Theil des im Prisma gebrochenen Lichtes besonders gehen. Um aber die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, ließ er jenen Theil des Lichtes noch einmahl durch die eben so große Oeffnung eines andern Brettes M N treten, das mit dem ersten parallel und etwa 12 Fuß davon entfernt war. Hinter diesem Brette fing er nun den durchgehenden Strahl mit einem zweyten Prisma O P Q auf, und erhielt die obige Erscheinung.

Durch sanfte Umdrehung des ersten Prisma um seine Axe, brachte er nach und nach alle einfach gefärbten Strahlen des sieben-

fachen Farbenbildes durch das Loch in den Brettern, und erhielt nicht nur bey einem jeden dieselbe Erscheinung, sondern fand auch, daß, wenn er die einzelnen Strahlen unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma brachte, das rothe Bild des rothen Strahls, auf der Wand am niedrigsten, etwas höher das orangegelbe des orangegelben, noch etwas höher das hellgelbe des hellgelben, und so fort das Bild eines jeden in eben der Ordnung zu liegen kam, in welcher die Farben im Farbenbilde von unten auf nach oben zu liegen.

3. Wenn man alle sieben durch das Prisma gebrochenen Strahlen auf eine bikonvexe Linse fallen läßt, und in den Brennpunkt derselben ein weißes Blatt Papier hält: so geben sie daselbst wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne. — Hält man dieß Papier näher nach der Linse zu, so erscheint das alte Farbenbild wieder, nur mehr verengert, und in der

gewöhnlichen Ordnung der Farben. Fängt man aber mit demselben, die Strahlen in einer größeren Entfernung, als die Brennweite beträgt, auf: so erscheint auch wieder das Farbenbild; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, weil sich die Strahlen im Brennpunkte der Linse durchkreuzen. Und weil sie nun auch auseinander fahren: so wird das umgekehrte Farbenbild desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

Aus diesen und mehreren andern Erfahrungen leitete Newton mit Recht folgenge wichtige zwey Wahrheiten her:

1. Das weiße Licht besteht aus einer Mischung von sieben verschiedenen Strahlen, deren jeder seine bestimmte und unveränderliche Farbe hat. Eigentlich aus unzählbaren, unter welchen sich jedoch die sieben obengenannten am kenntlichsten auszeichnen. — Diese Farbe ist also nicht nur

eine Modifikation des Lichts durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern erleidet, sondern eine ursprüngliche und eigenthümliche Eigenschaft desselben.

Diese sieben Farben — welche durch die Brechung in einem dreyseitigen Prisma keine Veränderung erfahren, nennt Newton einfache, gleichartige, homogene Farben, im Gegensatz der zusammengesetzten, ungleichartigen und heterogenen, welche durch eine solche Brechung allerdings verändert werden.

Auch bestimmte er das Verhältniß, in welchem die sieben einfachen Farben, in dem weißen Lichte sich vermischt befänden. Er fand nähmlich, daß wenn die Länge des prismatischen Farbenbildes = 1 gesetzt wird: die Höhe der einzelnen farbichten Strahlen folgende sey:

des rothen		$\frac{1}{2}$	=	0, 5
des orangegelben	=	$\frac{3}{40}$	=	0, 0705
des hellgelben	=	$\frac{2}{15}$	=	0, 1333
des grünen	=	$\frac{1}{6}$	=	0, 1666. . .
des hellblauen	=	$\frac{1}{6}$	=	0, 1666. . . .
des indigoblauen	=	$\frac{1}{9}$	=	0, 1111. . . .
des violetten	=	$\frac{2}{9}$	=	0, 2222. . . .

und hieraus folgerte er natürlich, daß in dem weißen gemischten Lichte, von den violetten Strahlen das meiste, von den grünen und hellblauen, die gleich darauf folgen, gleichviel vorhanden sey; daß hierauf die hellgelben, hierauf die rothen, hierauf die indigoblauen, und zuletzt die orangegelben folgen, von welchen am wenigsten vorhanden ist.

2. Die verschiedenen Gattungen des weißen Lichts besitzen, in einerley brechenden Mittele, eine verschiedene Brechbarkeit, und eben durch diese verschiedene

Brechbarkeit wird ihre Absonderung oder die Spaltung des weissen Lichts bewirkt.

Mit grossem Scharfsinn hat Newton selbst das Brechungsverhältniss der verschiedenen Gattungen des weissen Lichts gefunden. Durch viele und ziemlich übereinstimmende Versuche, ergab sich nähmlich diess Verhältniss aus Glas in Luft

für rothes Licht	= 50 :	77 bis $77\frac{1}{8}$	
für orangegelbes	= 50 :	$77\frac{1}{5}$	
für gelbes	= 50 :	$77\frac{1}{3}$	
für grünes	= 50 :	$77\frac{1}{2}$	= 20 : 31
für hellblaues	50 :	$77\frac{2}{3}$	
für indigoblaues	= 50 :	$77\frac{7}{9}$	
für violettes	= 50 :	$77\frac{7}{9}$ bis 78 ;	

oder der gemeinschaftliche Einfallssinus = 1 gesetzt, so ist das Brechungsverhältniss

für rothes Licht	= 1 :	1,54 bis 1,5425
für orangegelbes	= 1 :	1,544

für hellgelbes	= 1 :	1, 54667
für grünes	= 1 :	1, 55
für hellblaues	= 1 :	1, 55333
für indigoblaues	= 1 :	1, 55555
für violettes	= 1 :	1, 56

Die größte Brechbarkeit des violetten, und die kleinste des rothen Strahls ist also gegeneinander wie 1, 56 : 1, 54 oder wie 78: 77.

Theilt man das prismatische Farbenbild, nach Verhältniß dieser Brechungssinusse in sieben Theile; so wird A C (Fig. 67.) = $\frac{1}{9}$, A D = $\frac{1}{6}$, A E = $\frac{1}{4}$, A F = $\frac{1}{3}$, A G = $\frac{2}{3}$, A H = $\frac{7}{9}$, A B = 1.

Und hieraus wird eben bestimmt, welchen Raum eine jede Farbe einnehme. Es ist nähmlich:

für die rothe

$$AC = \frac{1}{9}$$

für die orangegelbe

$$CD = AD - AC = \frac{1}{6} - \frac{1}{9} = \frac{1}{18}$$

für die hellgelbe

$$DE = AE - AD = \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{3} = \tfrac{2}{12}$$

für die grüne

$$EF = AF - AE = \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{3} = \tfrac{1}{6}$$

für die hellblaue

$$FG = AG - AF = \tfrac{2}{3} - \tfrac{1}{2} = \tfrac{1}{6}$$

für die indigoblaue

$$GH = AH - AG = \tfrac{7}{9} - \tfrac{2}{3} = \tfrac{1}{9}$$

für die violette

$$HB = AB - AH = 1 - \tfrac{7}{9} = \tfrac{2}{9}$$

§. 367—372.

Theorie der Spaltung des Lichts.

Newton sucht die Ursache der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen, in der verschiedenen Größe der Kügelchen, woraus er eine jede Art bestehen läßt, und glaubt die violetten Lichttheilchen seyen die kleinsten, die rothen aber die größten.

Nach Euler hingegen besteht das Zusammengesetzte eines Lichtstrahls, in der ungleichartigen Geschwindigkeit, mit welcher derselbe eine Reihe von Schlägen dem Aether ertheilt. Die Schläge, welche schneller auf einander folgen, werden weniger gebrochen, als die, welche weiter von einander liegen, und so entstehen also durch das Brechen aus einem Strahle mehrere.

§. 373—375.

Newtons Meinung, wie die Körper Farben zeigen.

So interessant auch die Erfahrungen Newtons mit dem Prisma und die daraus hergeleiteten Wahrheiten schon an und für sich selbst sind: so werden sie es doch noch weit mehr, durch die Anwendung auf die verschiedenen Farben der Körper, welche Newton davon macht, und wobey es auf folgende vier Sätze ankömmt:

1. Die Absonderung der gefärbten Strahlen, aus welchen das weiße Licht besteht, geschieht nicht allein durch das Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. — Nimmt man anstatt des Prisma z. B. ein konisches, mit Wasser gefülltes Gefäß, oder auch ein gläsernes, hohles und mit Wasser gefülltes Prisma; so erfolgt dieselbe Absonderung der Strahlen. —

2. Alle Körper sind in den dünnesten Blättchen ihrer Oberfläche durchsichtig; und hier geschieht an den Lichtstrahlen eben das, was ihnen im Prisma widerfährt. — Die Annahme der Durchsichtigkeit der dünnsten Blättchen der Körper hat durchaus nichts Widersprechendes. Sie wird durch das Mikroscop und durch die Chemie bestätiget. Die Stäubchen der festesten Materien

erscheinen durchsichtig, wenn man sie genug vergrößert. Eben so werden auch die Auflösungen der Metalle durchsichtig. — Was die Absonderung der verschiedenen Lichtstrahlen, mittelst der verschiedenen Brechung in diesen dünnen, durchsichtigen Blättchen betrifft: so wird sie dadurch bestätiget, daß überhaupt alle sehr dünnen, durchsichtigen Blättchen, wie z. B. die Seifenblasen, eine gewisse Farbe zeigen, die von ihrer verschiedenen Dicke abhängt. Berühmt sind Newtons Erfahrungen über die Luftblättchen, bey zwey erhabenen Gläsern von einem großen Halbmesser, wenn man sie gegen einander drückt.

3. Alle Körper besitzen die Eigenschaft, diesen oder jenen der sieben auf ihrer Oberfläche, durch die verschiedene Brechung abgesonderten Lichtstrahlen zurückzuwerfen, die übrigen aber, entweder durchzulassen oder zu ver-

schlucken. — Dieß ist nun freylich eine Hypothese — die aber auf vielfacher Analogie der Natur beruht. Wenn man auf durchsichtige Gläser, die gleichförmig, roth oder blau gefärbt und auf beyden Flächen eben sind, die aus einem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen, in der Entfernung von einem Fuß fallen läßt: so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt. Ueberhaupt erscheinen Körper von allerley Farben, durch gefärbte, durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, daß das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Man schließt hieraus, daß die übrigen gefärbten Strahlen, von dem Glase, auf irgend eine, uns unbekannte Art verschluckt werden müßen. Und warum sollte dieß nicht auch bey undurchsichtigen Körpern der Fall seyn, besonders da man, wenigstens ihre

Oberflächen, sich als dünne, durchsichtige Lamellen denken muß? — Doch Newton suchte seine Hypothese selbst durch die Erfahrung zu bestätigen. Er brachte gefärbte Körper, in das durch das Prisma abgesonderte, mit ihnen gleichartige Licht, und fand, daß sie daselbst am lebhaftesten und glänzendsten aussehen. So z. B. sieht Zinober in dem rothen Lichte am lebhaftesten aus, im grünen Lichte nicht so sehr, im blauen noch weniger. Und dieß begünstigte allerdings seine Meinung, daß nicht das ganze Bündel weißer Strahlen zurückgeworfen, sondern daß dasselbe, sobald es die reflektirende Fläche berührt, daselbst verschiedentlich gebrochen und abgesondert, ein Theil davon verschluckt oder durchgelassen, und nur der übrige Theil zurückgeworfen werde. — Warum nur freylich gerade dieser oder jener gefärbte Strahl zurückgeworfen werde: das gehört vor das Forum der höhern Chemie, und wer weiß, ob auch diese je

darüber einen befriedigenden Aufschluß wird geben können!

4. Je nachdem ein Körper diesen oder jenen Lichtstrahl zurückwirft, erscheint er uns von der Farbe, welche der Lichtstrahl hat. So sendet z. B. Mennig die am *wenigsten* brechbaren oder rothen Strahlen am häufigsten zurück und erscheint daher roth; — Veilchen werfen die am *meisten brechbaren* oder violetten Strahlen zurück, und erscheinen violett. Und überhaupt werfen alle Körper diejenigen Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als die andern zurück. — Wenn leuchtende Körper eine gewisse Farbe zeigen, so strömen sie nur eine Art von Lichtstrahlen allein, wenigstens nicht alle sieben zugleich aus, als im welchem Falle, sie dem Auge weiß erscheinen würden. — Wie es übrigens zugehe, daß diese, oder jene Gattung des Lichts, im Auge diejenige Empfindung be-

wirke, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskenntniß aus, und gehört also nicht in die Physik.

Weiß erscheint ein Körper, wenn er alle Gattungen des weißen Lichts zurückwirft, oder, wenn es ein leuchtender Körper wäre, ausströmt. Die weiße Farbe entsteht folglich, wenn ein Körper, die weißen Strahlen unzersetzt in unser Auge schickt, und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältnisse. Newton erwieß dieß durch verschiedene Versuche. Einer derselben war auch folgender. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß der Räume ein, welche die sieben Farben in dem prismatischen Farbenbilde einehmen: so kommen

Für das rothe Licht	45	Grade.
— — orangegelbe	27	—
— — hellgelbe	48	—
— — grüne	60	—

für das hellblaue 60 Grade.
— — indigoblaue 40 —
— — violette 80 —

Man beschreibe nun auf einer runden Scheibe C (Fig. 68) zwey concentrische Kreise, und theile jeden derselben in sieben Theile nach dem eben angegebenen Verhältniß, und bemahle die Fläche eines jeden Theils mit einem seiner correspondirenden Pigmente. Wird nun die Scheibe, um ihre Axe schnell herumgedreht: so erscheint sie weiß; bey einem anderen Verhältnisse der Farben aber gegen einander, gibt sie eigene Farben.

Schwarz ist die Abwesenheit alles Lichtes und aller Farben; denn es läßt sich durch keine Vermischung von Farben hervorbringen, und ist also eigentlich keine Farbe. Die Erscheinung des Schwarzen wird dadurch bewirkt, daß gewisse Körper, alle Lichtstrahlen verschlucken, und keinen derselben zurückwerfen — weßwegen auch

schwarzes Tuch z. B. so warm ist. — Das absolute Schwarz würde entstehen, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendete. Allein, ein solches gibt es wohl nicht in der Natur. — Ziegel sind inwendig schwarz, so wie alle Kühe bey der Nacht.

§. 376–378.

Eulers Meinung, wie die Körper-Farben zeigen.

Die Eulerische Meinung, wie die Körper Farben zeigen, lernt man am besten aus seinen eigenen Worten kennen. Es sey mir daher erlaubt einen seiner Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre, nach der Kriesischen Uebersetzung, hier ganz abzuschreiben.

„Die Unwissenheit in Ansehung der „wahren Natur der Farben hat von jeher „große Streitigkeiten unter den Philoso-

„phen veranlaßt. Ein jeder war bemüht,
„sich durch eine besondere Meinung über
„diesen Gegenstand auszuzeichnen. — Die
„Meinung, daß die Farben ihren Sitz in
„den Körpern selbst hätten, schien ihnen zu
„gemein, und eines Philosophen, der sich
„immer über das Gewöhnliche erheben muß,
„nicht würdig genug. Sie behaupteten da-
„her, daß die Farben nichts Wirkliches wä-
„ren, und daß in den Körpern selbst nichts
„läge, was ihnen entspräche. Die Newto-
„nianer setzen den Unterschied der Farben
„bloß in die Verschiedenheit der
„Strahlen, die sie in rothe, gelbe, grü-
„ne, blaue und violette eintheilen; und sie
„sagen, daß ein Körper uns von dieser oder
„jener Farbe zu seyn scheine, wenn er Licht-
„strahlen von dieser Gattung zurückwerfe. —
„Andere, welchen diese Meinung nicht sub-
„til genug schien, nahmen an, daß die Far-
„ben bloß in der Vorstellung vorhanden
„wären. Das ist unstreitig das beste Mittel

„seine Unwissenheit zu verbergen; sonst „könnte der gemeine Mann glauben, „daß der Gelehrte von der Natur der „Farben nicht mehr wisse, als er. Ew. H. „werden aber leicht sehen, daß dergleichen „Spitzfindigkeiten nichts als Ausflüchte „sind."

„Man könnte vielleicht auf die Vermu„thung kommen, daß die verschiedenen Far„ben von der verschiedenen Stär„ke der Lichtstrahlen herrühren, so daß „die stärksten Strahlen, z. B. rothe Farbe „hervorbrächten, etwas schwächere, die gel„be u. s. w. Aber es ist nichts leichter, „als diese Meinung zu widerlegen; da wir „aus Erfahrung wissen, daß derselbe Kör„per immer dieselbe Farbe behält, er mag „schwach oder stark beleuchtet seyn. Ein „rother Körper z. B. bleibt roth, man mag „ihn in den hellsten Sonnenschein halten, „oder an einen dunkeln Ort stellen, wo die „Strahlen sehr schwach sind. Man kann

„daher die Ursache der verschiedenen Farben, „nicht in den verschiedenen Graden der Stär= „ke des Lichtes suchen.“

„Es muß sich also durchaus noch ein „anderer Unterschied unter den Lichtstrah= „len finden, woraus sich die Verschieden= „heit der Farben herleiten läßt; und wo= „rin könnte dieser anders liegen, als in „der verschiedenen Anzahl der „Schwingungen, wodurch die Strah= „len erzeugt werden? — Eine jede einfache „Farbe (um sie von den gemischten zu un= „terscheiden) rührt von einer bestimmten „Anzahl von Schwingungen her, die in „einer gewissen Zeit geschehen. So bringt „eine gewisse Anzahl von Schwingungen in „einer Sekunde die rothe Farbe hervor, „eine andere die gelbe, eine andere die grü= „ne, wieder eine andere die blaue, und „noch eine andere die violette, welches die „einfachen Farben sind, so wie wir sie im „Regenbogen sehen.“

„Wir müssen uns vorstellen, daß die „kleinsten Theilchen auf der Ober„fläche eines Körpers sich wie die „Saiten eines Instruments, in „einer gewissen Spannung be„finden, die durch ihre Masse und Elasti„cität bestimmt wird, und daß, wenn sie „nur auf die gehörige Weise berührt wer„den, sie in eine schwingende Bewegung „gerathen, die nach dem Grade der Span„nung schneller oder langsamer seyn wird. „Wenn also die Theilchen eines Körpers ei„ne solche Spannung haben, daß, wenn „sie erschüttert werden, sie in einer Sekunde „so viel Schwingungen machen, wie z. B. „die rothe Farbe erfordert: so nenne ich „diesen Körper roth, so gut wie der Bau„er, und ich sehe keinen Grund, warum „ich von der einmahl angenommenen Art zu „sprechen abgehen sollte. Mit gleichem Rech„te, wird man auch die Strahlen, welche „eben so viel Schwingungen machen, roth

„nennen können; und wenn die Nerven des „Auges von diesen Strahlen berührt wor„den, so haben sie die Empfindung der ro„then Farbe.“

„Dieß ist alles klar und deutlich, und „ich sehe keine Nothwendigkeit zu dunkeln „und geheimnißvollen Ausdrücken, die im „Grunde zu nichts taugen, meine Zuflucht „zu nehmen. Freylich sind wir noch nicht „so weit gekommen, die Anzahl der Schwin„gungen einer jeden Farbe zu bestimmen, „und wir wissen sogar noch nicht einmahl, „welche Farben mehr oder weniger Schwin„gungen erfordern, oder welche Farben den „feinen, und welche den groben Tönen ent„sprechen. Aber es ist genug zu wissen, daß „eine jede Farbe ihre bestimmte Anzahl von „Schwingungen hat, wenn gleich diese An„zahl uns noch unbekannt ist, und daß es „nur darauf ankömmt, die Spannung, oder „die Elasticität der kleinsten Theilchen eines

„Körpers zu ändern, um ihm eine andere „Farbe zu geben.“

„Die Aehnlichkeit zwischen dem Schalle „und dem Lichte ist so groß, daß sie sich auch „in den geringsten Umständen bestätigt. Da „ich von dem Versuche mit der gespannten „Saite sprach, die durch den bloßen Klang „gewisser Töne bewegt wird: so werden Ew. „H. sich erinnern, daß ich sagte, daß die „Saite durch denjenigen Ton am leichtesten „und stärkesten erschüttert werde, der dem „ihrigen gleich ist, und daß andere Töne „nur in dem Grade einen wirksamen Ein„druck machen, als sie mit der Saite zu„sammenstimmen. Gerade so ist es auch mit „dem Lichte und den Farben beschaffen; denn „die Farben sind hier das, was die Töne „in der Musik sind.“

„Um sich von dieser Sache, wodurch „mein System so sehr bestätiget wird, zu „überzeugen, mache man ein Zimmer ganz „finster; in den Fensterladen wird ein klei-

„nes Loch gemacht, und vor dasselbe in eini-
„ger Entfernung ein Körper von einer ge-
„wissen Farbe; z. B. ein Stück rothes Tuch
„so befestigt, daß, wenn es erleuchtet ist,
„seine Strahlen durch das Loch in das Zim-
„mer fallen. Auf die Art werden nur rothe
„Strahlen in das Zimmer kommen, weil
„allem andern Licht der Zugang verschlossen
„ist. Hält man nun in dem Zimmer der
„Oeffnung gegenüber ein Stück Tuch von
„derselben Farbe: so wird es vollkommen
„erleuchtet, und seine rothe Farbe sehr glän-
„zend seyn; wenn man aber an die nähm-
„liche Stelle ein Stück grünes Tuch bringt,
„so wird es dunkel bleiben, und man wird
„fast nichts von seiner Farbe sehen. Sobald
„man nun aber außerhalb dem Zimmer vor
„der Oeffnung auch grünes Tuch befestigt,
„so wird das grüne innerhalb dem Zimmer
„sehr hell erleuchtet, und seine grüne Far-
„be überaus lebhaft werden. Und gerade
so geht es auch mit den übrigen Farben."

„Ich denke, einen einleuchtendern Be„weis für die Richtigkeit meines Systems „kann es nicht geben. Wir sehen also dar„aus, daß um einen Körper von einer ge„wissen Farbe zu erleuchten, Strahlen von „derselben Farbe dazu erfordert werden; „weil die Strahlen von einer andern Far„be nicht im Stande sind, die Theile die„ses Körpers in Bewegung zu setzen. Dieß „wird auch durch einen sehr bekannten Ver„such bestätigt. Wenn man Weingeist in „einem Zimmer anzündet, so wissen Ew. „H. daß die Flamme blau ist, und mithin „nur blaue Lichtstrahlen hervorbringt; da„her sehen alle Personen in diesem Zimmer „sehr bleich und todtenfarbig aus, so ge„schminkt, oder so roth sie auch seyn mö„gen. Der Grund davon ist sehr deutlich; „denn die blauen Strahlen sind nicht fä„hig die rothe Farbe des Gesichts in Schwin„gung zu bringen; und man sieht nur eine „bläulichte und schwache Farbe; wenn aber

„einer aus der Gesellschaft ein blaues Kleid „an hat, so wird dieses hinwiederum vor„züglich glänzend erscheinen.“

„Die Strahlen der Sonne, einer Wachs„kerze, oder eines gewöhnlichen Lichtes er„leuchten alle Körper beynahe auf gleiche „Weise; woraus man schließt, daß die Son„nenstrahlen alle Farben zugleich in sich „fassen, wenn gleich ihr Licht eigentlich „gelblicht zu seyn scheint. Und in der That, „wenn man in ein Zimmer Strahlen von „allen einfachen Farben, rothe, gelbe, grü„ne, blaue und violette, in ziemlich glei„cher Menge fallen läßt, und vereinigt sie „alsdann zusammen, so entsteht daraus ei„ne weißlichte Farbe. Man macht denselben „Versuch, auch mit verschiedenen Pulvern „von den erwähnten Farben, die, wenn sie „gehörig vermischt werden, auch eine weiß„lichte Farbe geben. Hieraus zieht man „den Schluß, daß die weiße Farbe nichts „weniger, als eine einfache, sondern viel-

„mehr eine aus allen einfachen zusammen„gesetzte Farbe ist; daher sehen wir auch, „daß das Weiße gleich geschickt ist, alle „Farben anzunehmen. Was das Schwar„ze anbetrifft, so ist es eigentlich keine Far„be. Ein Körper ist nähmlich schwarz, wenn „seine Theile so beschaffen sind, daß sie kei„ne Schwingungen machen können, oder „keine Lichtstrahlen hervorbringen. Also ist „es der Mangel aller Strahlen, was uns „die Empfindung der schwarzen Farbe er„regt, und je mehr Theile sich auf der Ober„fläche eines Körpers befinden, die keiner „Schwingung fähig sind, desto dunkler und „schwärzlichter sieht er aus.“

„Den 15ten July 1760.“

§. 379—380.

Gemischte Farben.

Die gemischten oder zusammengesetzten Farben entstehen daher, daß

die Körper, welche dieselbe haben, nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, sondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schicken. Wahrscheinlich ist auch kein Körper in der Natur vorhanden, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlte.

Ovid sagt: (Fastor. V., 213.)

Saepe ego digestos volui numerare colores,
Nec potui, numero copia major erat.

Dieß hat nun der unsterbliche Tobias Mayer gethan. Er hat gefunden, daß man 19 Farben von gleicher Spannung unterscheiden könne. Aber mit den verschiedenen Abstufungen, welche diese Farben durch die Erhöhung mit weiß erhalten können, brachte er 819 Farben heraus, welche das menschliche Auge noch unterscheiden kann.

Er nimmt drey Grundfarben an, gelb, blau, roth, weil diese durch keine Zusam-

mensetzung anderer Farben erhalten werden können, aus ihrer Verbindung aber, alle übrigen Farben entstehen, da bekanntlich
gelb und blau = grün,
gelb und roth = purpurfarb,
blau und roth = orange,
geben. Er stellt sich nun jede der drey Grundfarben, wenn sie rein ist, in zwölf Theile getheilt vor, und setzt jedes Zwölftheil einer andern Farbe, mache dem Auge was Neues empfindlich, z. B. 11 Theile blau, und 1 Theil roth; oder 10 Theile blau, 1 Theil roth und 1 Theil gelb.

Es lassen sich nun 12 aus 2 Theilen 33mahl, und aus 3 Theilen 55mahl zusammen setzen. Nimmt man dazu die 3 einfachen Farben: so kommen also 91 Farben heraus; und diese 91 Farben ordnete Mayer in seinem berühmten Farbentriangel folgender massen: die 3 einfachen setzte er in gleiche Weiten von einander, in die Winkel des gleichseitigen Dreyecks

R G B. (Fig. 69.) Von einer jeden zur andern ließ er die Mischungen aus ihnen beyden gehen. So z. B. besteht die nächste Farbe, an der Hauptfarbe G aus 11 Theilen G, und einem Theil der andern Hauptfarbe, wohin diese Reihe führt, z. B. B, die zweyte Farbe besteht dann aus 10 G und 2 B; die sechste aus 6 G und 6 B u. s. w. Die Mischungen aus drey Farben, sind innerhalb dieser drey Hauptreihen enthalten.

Werden nun die Abstufungen dieser 91 Farben zwischen Schwarz und Weiß in ein Prisma oder in eine Pyramide vertheilt; so kommen 364. 2 = 728, und zu dieser Pyramidalzahl, die Triangularzahl 91 gezählt, gibt 819 Farben.

Bey dieser Gelegenheit sprach Lichtenberg auch von Mayers Wachsmahlerey. Sie bestand darinnen, Figuren in Wachscylindern, die ganze Tiefe hiedurch sichtbar zu zeichnen. Er hatte dabey die

Absicht die Farben in Wachs zu erhalten. Eine andere Absicht war: Bacchus und Erigene. Er hat diese Kunst niemand bekannt gemacht, und sie ist bis jetzt von niemand wieder erfunden. Das Geheimniß ist mit ihm ausgestorben.

In der Lehre der Farbenmischung ist vor Mayer wenig geschehen. Auch jetzt sind wir darinn hauptsächlich deßwegen nicht weiter, weil es sehr schwer ist, die Nüancen der Farben zu bezeichnen, ohne daß man sie sieht. Musiknoten kann man in die ganze Welt schicken, und es wird sie Jedermann spielen. Zu den Farben hingegen haben wir keine solche Noten, sondern, wenn wir sie spielen sollen, so müssen wir die Musik gleichsam selbst verschicken. Z. B. von den Olivenfarben der Südseeinsulaner haben nur wenige einen Begriff; denn was kann man sich unter den Olivenfarben alles denken! Lichtenberg sah den berühmten Omai in England. Seine Farbe war so,

wie wenn man mit Bärenzuckersaft oder Lakritzensaft einen Streifen Papier fein übertüncht.

Die Farbenmischungen sind außerordentlich schwer; weil nicht gleiche Theile von zwey oder mehreren Farben, die Mittelfarbe geben. Für Mayers Augen gaben 88 Theile blau und 12 Theile gelb das erste Grün. Bey dem Exemplare von Mayers Farbentheorie, welches Lichtenberg dem König Georg III. übergab, mischte und ordnete er die Farben trocken; denn das Mahlen derselben kann nicht accurat genug ausfallen, da durch chemische Prozesse so viel verändert wird. Um die Farbenmischung auch trocken wohl zu treffen, machte Lichtenberg immer mehrere Mischungen, und ließ dann scharfe Augen entscheiden, welches zwischen diesen und jenen Farben die mittlere Temperatur sey. Frauenzimmer-Augen sind hiezu besonders geschickt. Sie unterscheiden

Farben an Halstüchern, die hundert Manns-personen nicht unterscheiden.

§. 381—382.

Unterschied zwischen Farbe und Pigment.

Farbe (color) heißt das reine Licht durch das Prisma; pigmentum hingegen die gefärbten Körper, oder die färbenden Stoffe. Colores kann man also nicht kaufen. Blaue und gelbe Farbe geben allemahl in der Mischung eine grüne, aber nicht, blaues und gelbes Pigment. So z. B. gibt das blaue Lakmus mit der gelben Salpetersäure verbunden ein rothes Pigment. — Die Vires tingendi der Farben richten sich gar nicht nach dem Gewichte.

Anmerkung. Hier sprach Lichtenberg auch von den zufälligen Farben, und dem farbenlichten Schatten, deren Erxleben erst weiter unten (§. 386) gedenkt.

Zufällige Farben sind diejenigen, die ihre Entstehung nicht dem äußern Lichte, sondern besondern Umständen des Auges verdanken. Die Wahrnehmung der Farben ist nähmlich nichts anders, als die Wahrnehmung derjenigen Veränderung, welche durch einen Lichtstrahl in unserm Auge hervorgebracht wird. An und für sich existiren die Farben eben so wenig, als der Raum und die Zeit. Wird nun in unserm Auge durch was immer für eine Ursache eine ähnliche Veränderung bewirkt, wie die Lichtstrahlen bewirken, so entsteht auch eine ähnliche Wahrnehmung.

Büffon bemerkte, daß, wenn er ein rothes Viereck auf weißem Grunde betrachtete, und nach einiger Zeit die Augen auf den Grund wandte, dasselbe grün erschien. Ein gelbes zeigte sich blau. Er machte den Versuch mit mehreren andern gefärbten Vierecken auf weißem Grunde, und sie erschienen ihm alle in andern

Farben. Von ihm rührt auch die Benennung der zufälligen Farben her.

Franklin hat auch Versuche über diese Farben angestellt. Er machte die Entdeckung, daß wenn man eine Zeitlang ein Fenster unverwandt ansehe, die Fensterscheiben zuletzt schwarz, und die Rahmen weiß erscheinen.

Zu den zufälligen Farben gehören auch die Feuerfunken im Auge; ferner das glühende Roth der Buchstaben, wenn man bey Untergang der Sonne in einem Buche liest; ferner die Erscheinung; daß, wenn man einen Gegenstand lange durch ein rothes Glas ansieht, und dann plötzlich wegzieht, der erste Eindruck grün ist; umgekehrt, wenn man durch ein grünes Glas sieht, der erste Eindruck roth ist.

Eine merkwürdige und bisher noch nicht erklärte Erscheinung biethen auch die gefärbten Schatten dar. Wenn man nähmlich morgens beym Anbruche des Ta-

ges bey einem Talglicht liest, und den Schatten z. B. des Fingers, der durch dasselbe verursacht wird, so auf einem weißen Papiere auffängt, daß zugleich der Schatten des Fingers von dem Tageslichte auf das Papier fällt: so wird der erstere himmelblau, der letztere gelb erscheinen. — Auch beym Untergehen der Sonne sieht man herrliche farbigte Schatten.

Das in der Note des Verfassers (Erxleben §. 386.) angeführte Buch über diesen Gegenstand verdient von Jedem gelesen zu werden, der über denselben näher belehrt zu werden wünscht. Ferner eine Abhandlung von Thompson, oder dem Grafen Rumford in den Philos. Trans. 1794. Auch Göthe, der berühmte Dichter zu Weimar, hat darüber herrliche Versuche angestellt.

§. 383—392.

Vom menschlichen Auge.

Die Gestalt des Augapfels (bulbus oculi) kömmt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorne der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein Längendurchmesser beträgt beym Auge des erwachsenen Menschen 11 ½ Pariser Linie, also beynahe einen Zoll. — Er ist in der Augenhöhlung (orbita), nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch den häutigen Ueberzug die Augenlieder (palpebrae), und durch die Haare an diesen Augenliedern, die Augenwimper (cilia) bedeckt, und vor einfallenden Unreinigkeiten, und zu starkem Lichte geschützt werden. Von den Augenliedern und Augenwimpern muß man die Augenbraunen (supercilia) unterscheiden.

Der Augapfel besteht aus verschiedenen Häuten (membranae, tunicae), und

aus so genannten Feuchtigkeiten (humores). Die Häute werden in communes und proprias eingetheilt. Zu jenen gehört die harte Haut (sclerotica) die braune Haut (chorioidea) und die Netzhaut (retina), zu diesen: der orbiculus ciliaris, die iris und das ligamentum ciliare. Zu den Feuchtigkeiten gehört: die wässerigte, die gläserne und die krystallene Feuchtigkeit.

Die harte oder feste Haut (tunica sclerotica) macht den äußeren Umschluß des ganzen Augapfels aus. Je mehr sie sich dem Vordertheile desselben nähert, desto dünner wird sie, und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil, durch den das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die Hornhaut (cornea), und ist das Segment einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Sie ist daher hervorragend. — In

dem Hintertheile der Sklerotika, begibt sich der Sehnerve (nervus opticus) in den Augapfel.

Die braune Haut, (Gefäßhaut, Aderhaut, tunica chorioidea), liegt zunächst unter der harten Haut. Sie ist auswendig braun, inwendig fast schwarz, und mit vielen Gefäßen versehen. — Am vordern Theile derselben befindet sich an der äußern Seite ein weißer, aus Zellgewebe bestehender Kreis, welche der Ciliarkreis oder das Strahlenband (orbiculus ciliaris, ligamentum ciliare) genannt wird. Er verbindet die braune Haut mit der harten Haut. — Aus diesem Ciliarkreise entstehen die weiter einwärts gehenden, und bis an den Rand der Krystalllinse reichenden Strahlenfasern (processus ciliares), welche um die Krystalllinse herum einen sehr schönen gestreiften Ring, den Strahlenkörper, oder den gefalteten Ring (corpus ciliare)

bilden, in welchem Felice Fontana den Strahlenkanal (canalis ciliaris) entdeckt hat. — Das Corpus ciliare, ist der vorderste Theil der braunen Haut, in welchem sie sich endiget, und mit eben solchem schwarzen Schleime überzogen, als die übrige inwendige Fläche derselben. — Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern liegt der Augenstern oder die Blendung, wie ihn Sömmering sehr passend nennt. Die vordere Fläche desselben heißt die Regenbogenhaut (iris), die hintere die Traubenhaut (uvea). In der Mitte befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille (Sehe- Lichtloch, pupilla), durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt, und welche auf eine bewundernswürdige Art, sich unwillkührlich bey schwachem Lichte erweitert, bey starkem Lichte verrengert. Wenn es blitzt, muß man zwey Talglichter an-

zünden, und durch dieselben in den Blitz sehen, wenn es dem Auge nicht schaden soll.

Die Netzhaut (Markhaut, tunica retina) ist eine Verbreitung des ins Auge getretenen Markes des Sehnerven. Sie ist der Sitz der Empfindung, die durch die Vereinigungspunkte der Strahlen, welche zusammen das Bild des Gegenstandes machen, hervorgebracht wird. — Auf dieser Netzhaut, befindet sich nach Sömmerings Endeckung, zwey Linien auswärts vom Sehnerven ab, ein runder gelblichter Fleck, der in der Mitte eine Oeffnung hat, so, daß also die Netzhaut nicht das ganze Auge umzieht. Siehe Götting. Anzeigen 1795, Nro. 140. Sömmering machte die Entdeckung im Jahre 1791. Theologen kommen hier übel weg. — Ob dieß die Stelle sey, wo man nicht sieht, scheint Lichtenberg noch zweifelhaft zu seyn. — Es gibt nähmlich gewisse Stellen in unserm Auge, wo

man gar nichts sieht, wo wir also alle den schwarzen Staar haben. Man mahle zwey Punkte A und B auf ein Stück Papier hin, halte das linke Auge zu, und sehe mit dem rechten nach dem linken Punkte A, so wird zugleich auch der andere Punkt B erscheinen. Rückt man hingegen das Papier immer mehr weg, so wird bald eine Stelle kommen, wo man B nicht sieht, indem es da gerade den Nervus optikus bedeckt, folglich kein Bild machen kann; gleich darauf kömmt es wieder zum Vorschein. — So konnte Lichtenberg auch den Jupiter verschwinden machen. Einmahl wollte ers auch mit der Sonne probieren; aber das that er nicht mehr.

Die wässerigte Feuchtigkeit (humor aqueus) erfüllt den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Krystalllinse. Der ganze Raum,

wird durch den Augenstern in die vordere und hintere Kammer eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerichte Feuchtigkeit füllt beyde aus, und treibt die Hornhaut in die Höhe.

Die Glasfeuchtigkeit (humor vitreus) füllt den größern Theil des Auges hinter der Krystalllinse. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen.

Die krystallene Feuchtigkeit, oder die Krystalllinse humor crystallinus, lens crystallina) liegt zwischen den andern Feuchtigkeiten. Sie ist nicht sowohl eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, bikonvexer Körper, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere. — Sie ist in einer sehr durchsichtigen Kapsel eingeschlossen (capsula lentis crystallinae) doch so, daß der enge Raum zwischen beyden, mit einer

Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Ferner wird sie von dem Strahlenkörper eingefaßt.

Vermittelst dieses so bewunderswürdig eingerichteten Werkzeuges erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das Sehen nennen. Es kömmt dabey auf die Wiedervereinigung, der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut an. Dieß geschieht nach einer vierfachen Brechung auf folgende Weise. Es fahren, wie wir gesehen haben von jedem Punkte eines sichtbaren leuchtenden, oder erleuchteten Gegenstandes, nach geraden Linien, Strahlenkugel aus, deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der sichtbare Punkt ist. Diese Strahlenkegel dringen durch die Hornhaut und die wässerichte Feuchtigkeit. Ein Theil ihrer Strahlen, wird zwar von der vorliegenden Blendung aufgehalten, das auf die Pupille fallende Licht aber trifft die Krystall-

linse, dringt durch dieselbe und durch die gläserne Feuchtigkeit bis an die Netzhaut durch. Es erleidet bey seinem Durchgange durch vier verschiedene Mittel, nähmlich, die Hornhaut und die drey sogenannten Feuchtigkeiten, vier Brechungen. Und so werden also die divergirenden Strahlen des Strahlenkegels konvergirend, und treffen endlich in einem Punkte auf der Netzhaut zusammen, welcher der Ort des Bildes vom strahlenden Punkte ist. — Man sieht, daß durch die ersten beyden Brechungen auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen seyn würden.

Was nun von einem Strahlenkegel gilt, gilt auch von allen übrigen. Alle Strahlen jedes Strahlenkegels, der aus jedem Punkte des sichtbaren Körpers ausfährt, und auf die Pupille trifft, ver-

einigen sich hinter der Linse auf der Netzhaut. Von jedem sichtbaren Punkte eines Gegenstandes entsteht also ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zusammen ein verkehrt stehendes, vom ganzen Objekte machen.

Alles kömmt also beym deutlichen Sehen, das im Durchschnitte auf eine Entfernung von 8 Zoll gesetzt wird, auf die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut an, welche allein für diese Wiedervereinigungspunkte fühlbar ist. Und diese Wiedervereinigung hängt von zwey Umständen ab, erstens: von der gehörigen Einrichtung des Auges, und zweytens von der gehörigen Größe und Entfernung des strahlenden Gegenstandes.

Zur gehörigen Einrichtung des Auges gehört aber, daß die Theile desselben gerade so gebildet sind, daß die Strahlen nach der vierfachen Brechung in

in Punkten auf der Netzhaut vereinigt werden. Wenn also die Hornhaut, und die Krystalllinse entweder zu konvex oder zu flach sind, oder der Abstand der letzteren von der Netzhaut zu groß oder zu klein ist: so werden die Strahlen nach der Brechung entweder zu weit vor der Netzhaut, oder erst hinter derselben vereinigt. In beyden Fällen entsteht ein undeutliches Bild, und also muß auch das Sehen undeutlich werden, wenn sich jeder Punkt desselben in einen Kreis ausbreitet. — Wenn ferner die Krystalllinse verdunkelt, oder undurchsichtig, oder der Sehnerve und die Netzhaut gelähmt oder unempfindlich wird: so findet gar keine Empfindung des Sehens Statt. Im ersteren Falle entsteht nähmlich kein Bild, oder wenigstens ein äußerst undeutliches; im letztern gibt es zwar ein Bild, aber keine Gesichtsempfindung.

Die beyden ersten Fälle sind unter dem Nahmen der Kurzsichtigkeit (Myopie)

und Weitsichtigkeit (Presbyopie); die letztere unter dem Nahmen des Stahrs bekannt, des grauen (cataracta) sowohl, als des schwarzen (amaurosis).

Die Myopie oder Kurzsichtigkeit ist derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenstände nur in einer Entfernung von ungefähr 4 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Ursache derselben liegt darin, daß die Hornhaut zu sehr erhaben, die Krystalllinse zu konvex kompakt, oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist. Es treffen nähmlich in diesen Fällen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu gering, als daß der Vereinigungspunkt die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge

sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. — Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen, und durch Hülfe derselben sehen also kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich. Sie müssen so vor das Auge gehalten werden, daß der Zerstreuungspunkt in die Gegend von dem Punkte des deutlichen Sehens fällt, weil man dann die Strahlenkegel so empfängt, als ob sie aus der Gegend von diesem Punkte herkämen.

Die Presbyopie oder Weitsichtigkeit ist derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenstände nur in einer Entfernung von wenigstens 16 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Ursache derselben liegt darin, daß die Hornhaut und die Krystallinse flach, und in der Konvexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt. Es treffen also die Strahlen der Strahlenke-

gel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. — Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern, und die Strahlen aus nahen Punkten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Punkten herkämen; so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und bedienen sich daher zu diesem Zwecke der Brillen.

Der graue Stahr (cataracta) besteht in der Verdunklung, oder in dem Undurchsichtigwerden der Kristalllinse. Es wird ihm, durch Hinwegdrückung oder Herausziehung derselben abgeholfen. Denn da die wässerichte und gläserne Feuchtigkeit ebenfalls die Strahlen brechen, und ihre Kegel konvergent machen: so entsteht auch ohne

Krystalllinse ein Bild, ob sich gleich viele Operirte der Stahrbrillen bedienen müssen, um die Brechung zu verstärken, und den Mangel der Krystalllinse zu ersetzen, da sonst die Vereinigungspunkte allzuweit hinter die Netzhaut fallen würden.

Der schwarze Stahr (amaurosis) besteht in der Lähmung, oder Unempfindlichkeit des Sehnervens und der Netzhaut.

Die Kurzsichtigen müssen sich also der Hohlgläser oder der Ferngläser; die Weitsichtigen der Konvergläser oder Brillen; die Stahroperirten der Stahrbrillen bedienen. Man hat ein sehr nettes Instrument, durch welches man alle drey Fehler und die Rektificirung derselben durch die genannten Gläser sinnlich vorstellen kann. Es heißt das künstliche Auge, und ist von großer Wichtigkeit.

Ueber gewisse Entfernungen hinaus sind wir alle kurzsichtig. Viele Dinge können wir gar nicht sehen, theils weil sie zu

klein, theils weil sie zu entfernt sind. Diesem doppelten Uebel wird zum Theile durch Mikroscope und Fernröhre abgeholfen.

Noch sind zwey wichtige Fragen über das Auge übrig; erstens: Warum sehen wir die Gegenstände troz des verkehrten Bildes auf der Nezhaut, aufrecht? zweytens: Warum sehen wir die Gegenstände mit zwey Augen nur einfach?

Die erste Frage hat wohl schwerlich einen vernünftigen Sinn; denn sie verräth offenbar, daß man sich von der rohen Idee noch nicht los gemacht habe, hinter dem Auge säße unsere Seele, mit einem andern Auge, gleichsam auf einem Thron, und betrachte von da aus, den auf der Nezhaut abgebildeten Gegenstand. Doch dieß auch zugegeben, oder angenommen: wir sähen wirklich unmittelbar nur das verkehrte Bild auf der Nezhaut, und nicht den Gegenstand selbst: so gränzt die Fra-

ge vollends an baaren Unsinn. Es bilden sich ja auch alle übrigen Gegenstände verkehrt auf der Netzhaut ab, folglich sähen wir noch immer, dasjenige oben, was oben ist, und dasjenige unten, was unten ist. Man mache sich doch nur deutlich, was oben, und was unten heißt, und was das sagen wolle: Ein Gegenstand bildet sich verkehrt auf der Netzhaut ab! Oben bleibt uns ewig, was von der Oberfläche der Erde am entferntesten ist, und unten, was ihr am nächsten ist. Verkehrt erscheint das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut, wenn das, was an dem Gegenstande das Unterste ist, sich auf einem höher liegen Theile der Netzhaut, und das, was an demselben das Höchste ist, auf einem niedriger liegenden Theile der Netzhaut abbildet. — Wenn sich nun Alles verkehrt auf der Netzhaut abbildet; so bildet sich ja auch die Oberfläche der Erde auf dem höchsten Theile der

Netzhaut ab; so bilden sich auch alle übrigen Gegenstände so auf derselben ab, daß, was vorher oben und unten war, es auch jetzo ist; folglich verbleibt Alles beym Alten, und mithin Alles gerade.

Weit wichtiger ist die zweyte Frage, und in der That, die Antwort darauf noch nicht ganz auf das Reine gebracht — daß sich in jedem Auge der Gegenstand wirklich abmahle, und wir den Eindruck von jeden Gegenstand aufnehmen, und folglich jedes Auge seinen nervus opticus habe, ist gewiß.*) Man kann sich davon, aus der

*) Anmerk. In seiner Abhandlung über das Gesicht und die optischen Illusionen im Allgemeinen, und einiger insonderheit, welche Hr. Justizrath Bugge am 9. Jäner 1807 in der königl. Societät der Wissenschaft zu Copenhagen vorlas — wirft er auch optische Zweifel auf, gegen De Galls Meynung, daß man nicht mit beyden Augen, sondern nur mit einem sehe. —

oben (S. 476) angeführten Erscheinung mit den zwy Punkten, überzeugen. Ferner auch aus folgender: wenn man nach einem entfernten erleuchteten Gegenstand sieht, und in der nähmlichen Linie den Finger vor das Gesicht hält: so sieht man den Finger doppelt, weil er sich in jedem Auge abbildet. Sieht man hingegen nach dem Finger, so wird der entfernte Gegenstand doppelt erscheinen. Doch die simpelste Erfahrung hierüber bleibt wohl die: daß, wenn wir das eine Auge schließen, den Gegenstand noch immer vermittelst des andern Auges sehen. — Sehen wir also einen jeden Gegenstand vermittelst eines jeden unserer Augen: wie kommt es, daß, wenn wir beyde Augen zugleich gebrauchen, wir gleichwohl jeden Ge-

---

Auch zeigte er bey dieser Gelegenheit ein von ihm verfertigtes Instrument vor, welches beweist, daß man mit beyden Augen siehet. H. A. L. Z. 1807. Intbl. 56.

genstand nicht zweymahl, sondern nur einmahl sehen?

Man sagt gewöhnlich, man sähe mit zwey Augen, den Gegenstand nur darum einfach, weil sich die Gesichtsnerven beyder Augen vereinigen. Aber, wenn dieß die Ursache wäre, so sähe man nicht, wie man doch eine Sache doppelt sehen könnte, wenn man sich z. B. ein bischen das Auge drückt. Ueberdieß hat man ja auch durch die Anatomie gefunden, daß die Gesichtsnerven nicht in eins zusammen, sondern nur neben einander fortlaufen.

Besser wird das Phänomen durch die Gewohnheit erklärt. Wir sehen alsdann erst einfach, wenn wir unsere Augen so gewöhnt haben, nach einer Axe hinzusehen, das wir es nicht merken, daß wir doppelt sehen. Kinder sehen anfangs unstreitig doppelt. Sie sehen so mit den Augen herum. Nach und nach werden sie aber

durch das Gefühl so betrogen, daß sie alle Dinge für einfach halten, und also das einfache Sehen aus der Praxis lernen. Auch hat man Beyspiele von Personen, die einen heftigen Schlag auf das Auge bekommen haben: daß es sich verdrehte, und sie nun lange Zeit alle Gegenstände doppelt sahen; nach und nach sahen sie wieder alles durch die Gewohnheit einfach. — Indeß auch bey dieser Erklärung finden noch manche Schwierigkeiten Statt. Es müßte nach derselben etwas Geometrisches im Auge seyn, und es müßte daraus folgen, daß man auch andere Stellen dazu gewöhnen könnte.

Im September 1794 vom European Magazin ist über diesen Gegenstand eine Abhandlung mit C. D. unterschieben, vermuthlich von Darwin. Er glaubt, in der Natur unserer Seele sey etwas Correspondirendes, und dann sehen wir es nur einmahl. Er stellte hierüber folgenden Versuch an. Er schnitt seine Silhouette in ein

Brett und verlängerte dieses sehr weit. In einiger Entfernung stellte er zwey Blätter Papier, ein weißes und ein rothes. Wenn er eine Weile auf das Rothe sah, und hernach auf das Weiße, so schien ihm auch dieses roth zu seyn. *)

§. 393—394.

Das finstere Zimmer.

Wurde nur mit ein Paar Worten berührt.

§. 395—410.

Die Fernröhre (telescopia.)

Man pflegt die Fernröhre einzutheilen in dioptrische und katadioptrische.

*) Die neuesten Erklärungen des Phänomens sind von Troxler und Haldat. Siehe über die erstere Himlys u. Schmidts ophthalm. Bibel. 3ten Bdes 2tes und 3tes Stück. Göttingen 1807; und über die letztere: Tromsdorffs Annalen der Fortschr. u. s. w. 1. Band. S. 645. Erfurt 1809.

Unter jenen sind die Dollondschen oder achromatischen Fernröhre die berühmtesten; unter diesen, welche insbesondere Telescope genannt werden der, Herschelsche Reflektor.

Die Geschichte der Erfindung der achromatischen oder farbenlosen Fernröhre, ist eine der seltsamsten in der ganzen Physik. Der große Newton, dessen größte Entdeckung unstreitig die Spaltung des Lichtes durch das Prisma ist, behauptete, daß die Unvollkommenheit der Vordollondschen Fernröhre, die von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen herrührt, durchaus nicht gehoben werden könne. Er behauptete, daß, wenn die Farben aufgehoben würden, auch die Brechung aufgehoben werden müßte. Allein, dieß wurde hernach falsch befunden. Und der außerordentliche Mann hat also auch hiedurch gezeigt, daß er ein Mensch sey, und nicht allein durch seinen Commentar über die Apokalypse, wie Voltaire sag-

te. — Im Jahre 1747 kam nähmlich Euler auf den Gedanken, die eben erwähnte Unvollkommenheit der Vordollondschen Fernröhre dadurch zu heben, daß man das Objektivglas aus zwey Linsen zusammen setzte, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigten Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte. John Dollond zu London suchte den Gedanken Eulers auszuführen, aber fand es unmöglich, und vertheidigte Newtons Behauptung. Euler gab nun selbst alle Hoffnung auf, den Fehler zu verbessern. Allein, nun kam Klingenstierna, und zeigte in dem 16ten Bande der schwedischen Abhandlungen, daß Newton etwas noch nicht ausgemacht hatte. Dollond versuchte aufs Neue, fand daß Newton wirklich Unrecht hatte, und war der erste, der im Jahre 1755 ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Nun wollte es wieder Euler nicht glauben, und

behauptete, es wäre nicht möglich. Endlich machte Zeiher in Wittenberg bessere Gläser, und nun gestand auch Euler in den Berliner Memoires vom Jahre 1764, aber 1766 gedruckt, seinen Irrthum ein.

Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernröhre besteht nun darin, daß das Objektivglas aus zwey ganz nahe zusammen gestellten Linsen vom sogenannten Crownglase und Flintglase zusammengesetzt wird. Dieses zerstreut die Strahlen ungleich stärker, als jenes, und es hat diese zerstreuende Kraft vorzüglich vom beygemischten Bleykalk. Zu 24 Theile Kiesel, nehmen die Engländer 7 Theile Bley, und 1 Theil Salpeter. *) Flint heißt so viel

*) Ein englischer Schiffswundarzt, Robert Blair, hat eine Art Glas erfunden, welches noch besser, als das bisher gewöhnliche Flintglas, die Farbe des Crownglases zerstreut. Posselts Weltkunde 1798, S. 367, und Fischers Wörterbuch VI. Band S. 423.

als Kiesel, woher auch der Nahme unserer Flinten, wegen der Feuersteine.

Man hat eine eigene Vorrichtung, die Verbindung des Crownglases mit dem Flintglase zu zeigen. Das Lichtenbergische Instrumentchen wurde von Dollond selbst verfertiget, und kostete zwey Guineen. Was hätte Newton drum gegeben, wenn er dieß Instrumentchen hätte sehen können!

Die katadioptrischen Fernröhre oder eigentlichen Telescope, kommen alle darin überein, daß der große Spiegel konkav ist, um alle Strahlen des Lichtes, die er zurück wirft, auf einen Punkt zu sammeln. Aber der zweyte Spiegel kann konkav seyn, wie in Gregory's Telescop; eben, wie im Newtenschen; konvex, wie im Cassegrainschen, oder ganz weggelassen, wie im Herschelschen. *)

---

*) Zu diesen vier Systemen der Verfertigung der Telescope hat Hr. Burkhardt zu

Herschels Riesen-Telescop besteht aus einem Spiegel von 4 Fuß im Durchmesser, dessen Brennweite aber 40 Fuß beträgt, mithin der ganze Durchmesser der Spiegelkugel 80 Fuß. Der erste Spiegel, den er zu diesem 40füssigen Telescop verfertigte, wog 1035 Pfund. Allein, da sich derselbe gebogen, verfertigte er einen andern von 2500 Pfund. Jener erste hätte in einem Kabinete Jahrhunderte lang liegen können, ohne daß das schärfeste

---

Paris im Jahre 1807 ein fünftes vorgeschlagen, wo der zweyte Spiegel ein ebener ist, aber senkrecht mit der Axe, und gegen die Mitte der Länge der Brennweite steht. Aber die kaiserl. Akademie der Wissenschaft zu Petersburg vindicirte diese Erfindung einem ihrer Mitglieder, dem Hr. Schrader, ehemahligem Professor in Kiel, der dieselbe schon im Jahre 1803 bekannt machte. Siehe Hall. A. L. Z. 1808, 106 und 287.

Auge eine Beugung daran würde bemerkt haben. Aber die reflektirten Strahlen, geben auch das kleinste Gebrechen sogleich zu erkennen. Herschel schleift seine Spiegel durch eine Maschine ganz allein, und daraus macht er ein Geheimniß. Vorher brauchte er 12 Kerls dazu. — In sein neuestes Telescop sieht er gerade zu bey der Mündung hinein, indem er den Spiegel etwas inklinirt, und dadurch das Bild gegen die Gränze des Tubi verrückt, wo er nun dasselbe durch ein Mikroscop ansieht. — Man kann in den Tubus hineinsteigen. Herschel führt seine Gesellschaft hinein, hat auch einmahl Conzert darin gegeben. — Er steht unter freyem Himmel. *)

*) Nach den neuesten Nachrichten soll dieß Rieseninstrument unbrauchbar geworden seyn.

§. 411—413.

Die Vergrößerungsgläser.

Die Vergrößerungsgläser oder Mikroscope theilt man in einfache und zusammengesetzte ein; die erstern vergrößern den Gegenstand im eigentlichsten Sinne, durchaus nicht, welches man sich nicht genug merken kann. Sie bringen den Gegenstand nur näher und machen ihn dadur deutlicher. Wohl aber vergrößern die zusammengesetzten Mikroscope. *)

---

*) In des „Tirnwalluwer Gedichte und Denksprüche" (übersetzt von Lämmerer, Nürnberg 1803.) — die ein Alter von 900 Jahren haben sollen, wird S. 116, deutlich des Vergrößerungsglases erwähnt; dieß wäre also eine Merkwürdigkeit für die Geschichte der Erfindnngen, wenn es mit dem angeblichen Alter des Dichters seine Richtigkeit hätte. Hall. A. L. Z. 1808, 154. — Das neueste Buch über die Mikroscope ist: Mémoire sur la construction et l'usage du Microscope, par D. Villars. Straßburg 1809, 52. S. gr. 8. mit Kupf. Siehe H. A. L. Z. 1808, 29.

§. 414.

Die Zauberlaterne.

Lichtenberg hatte zu seiner Laterna magica, auch Figuren mit beweglichen Augen und Händen. Possierlich nahm sich ein Teufel, mit einer Klystierspritze aus.

§. 415.

Das Sonnenmikroscop

gewährt ein herrliches Schauspiel! Ein Floh erscheint in der Größe eines Ochsen, Skelete von Baumblättern, wie große Bäume und Gesträuche! Man sieht den Salmiak in Kristalle anschiessen; und auf Polypen, die Läuse sich herum bewegen, u. s. w.

V. Inflexion der Lichtstrahlen.

§. 416.

Beugung des Lichtes.

Unter der Beugung des Lichtes versteht man die Abweichung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinichten Wege, wenn sie nahe an dem Rande eines Körpers vorbey gehen.

Grimaldi, ein Jesuite zu Bologna (geb. 1613, gest. 1663), entdeckte diese Eigenschaft des Lichtes um die Mitte des 17ten Jahrhunderts, und machte sie in seiner Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bologna 1665, 4 bekannt. Auch D. Hook, einer der größten Physiker Englands, hat darüber fast um dieselbe Zeit herrliche Versuche angestellt, und der Societät zu London im Jahre 1672 mitgetheilt.

Grimaldi ließ durch ein kleines Loch in ein verfinstertes Zimmer Licht fallen. Hielt er nun in einiger Entfernung vom Loche, in dieses Licht einen dunkeln Körper, so fand er den Schatten desselben viel breiter, als er der Brechung nach, bey geradem Fortgange des Lichtes hätte seyn können. Auch sahe er um den Schatten herum mehrere farbigte Lichtstreifen. Setzte er z. B. einen Stab a a (Fig. 70) in das Licht, so ergab sich folgende Erscheinung:

a a = Stab.
b b = blau
c c = nichts
d d = grün
f f = nichts
g g = blau
h h = schwarz
i i = roth

Newton hat aber alle seine Vorgänger, wie gewöhnlich, zurück gelassen. Er hat nicht nur die Lichtsäume und die dunkeln Zwischenräume zwischen ihnen genauer beobachtet, sondern auch die Breite derselben gemessen. Er bemerkte nähmlich, drey farbigte Lichtsäume, deren Farbenordnung folgende war: beym ersten: violett, indigo, blaßblau, grün, gelb, roth; beym zweyten: blau, gelb, roth; beym dritten: blaßblau, blaßgelb, roth.

Die drey Lichtsäume stießen fast an einander, und wurden durch einen sehr schmalen Zwischenraum von einander getrennt. Die Breiten dieser Lichtsäume und Zwischenräume, (nähmlich die Breite des ersten Lichtsaums sammt seinem Zwischenraume zur Breite des zweyten, sammt dessen Lichtsaume u. s. w.) verhalten sich wie:



$1. \quad \sqrt{\tfrac{1}{2}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{3}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{4}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{5}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{6}}$

Die untern Zahlen sind gerade diejenigen, wo bey Grimaldi nichts war. Da nun $1 = \sqrt{\frac{1}{1}}$: so kann man die Zahlen so einschließen, wie Fig. 71 zeigt.

Denn Newtons Vermuthung war, daß vielleicht die Lichtstrahlen, indem sie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbeygehen, mehrmahls hin und her, auf eine schlangenförmige Art gebogen werden, und die drey Farbensäume, etwa aus drey solchen Beugungen entstehen könnten.

Am deutlichsten bemerkte Newton die drey farbigten Lichtsäume, mit ihren dunklen Zwischenräumen, wenn er den Lichtstrahl zwischen zwey scharfe Messerschneiden brachte, die er in einer und derselben Ebene, und in paralleler Lage, nur um $\frac{1}{400}$ eines Zolls voneinander abstehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt, und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war,

je näher er die Schneiden zusammendrückte. Zu gleicher Zeit bemerkte er auf jeder Seite des Schattens in der Mitte, die obigen drey farbigten Lichtsäume mit ihren Zwischenräumen.

Newton hat seine Untersuchungen über die Beugung des Lichtes nicht vollendet. Er fieng sie in seinen frühern Jahren an, fand aber nicht mehr die Muse sie noch einmahl zum Gegenstand seiner Beschäftigung zu machen, was er sich damahls so fest vornahm. Alles aber, was nach Newton in dieser Lehre geschehen ist, hat uns nicht viel weiter geführt: so, daß hier noch ein weites Feld für Beobachtung und Entdeckung übrig bleibt.

Auf den Umstand, daß Newton nur in seinen früheren Jahren sich mit der Beugung des Lichtes beschäftigte, muß wohl besondere Rücksicht genommen werden, wenn sich die Behauptung Jordans — des Neuesten, der in dieser Lehre etwas that — bestä-

tigen sollte: daß Newton sich über die Beugung des Lichtes in allen Hauptpunkten geirret habe. Jordan sucht diese Behauptung in folgender Schrift zu rechtfertigen: The observations of Newton concerning the Inflexions of Light; accompanied with other observations differing from his; and appearing to lead to a change of his Theorie of Light and Colours, welche zu London im Jahre 1799, in Oktav anonym erschien. Sie enthält Newtons Beobachtungen über die Beugung des Lichtes aus dem dritten Buche seiner Optik abgedruckt, und an jede derselben, die von Newton abweichenden Bemerkungen, Versuche und Folgerungen des Verfassers gereiht. Ein Freund von ihm hat aus dieser Schrift einen ziemlich vollständigen Auszug in Nicholson's Journal of natural philosophy. Vol. 4. (Mai 1806) mitgetheilt. Nach diesem Auszuge — da er Jordan's

Schrift selbst, sich nicht verschaffen konnte, hat Gilbert seine Abhandlung bearbeitet, die sich in seinen Annalen (18. Band, 1 Stück oder Jahrgang 1804, 9 Stück) unter dem Titel findet: Entdeckungen in der Lehre von der Beugung des Lichtes, von Gibbet Walter Jordan, 669. — nur daß er Newtons Beobachtungen über die farbigten Lichtsäume, welche in dem Auszuge allzukurz angedeutet werden, aus seiner Optik, deutlicher hieher übertragen hat. — Der Verfasser des Auszuges meint: wir wären um so mehr zu den größten Erwartungen von Jordans Entdeckungen in einem allzulange vernachlässigtem Theile der Optik berechtigt, als die sogenannten Höfe (die sich vor jenen Entdeckungen auf keine Art hätten erklären lassen), aus ihnen sich genügend ableiten und aufhelfen ließen; — und diesem Urtheile stimmt Gilbert völlig bey. — Jordan selbst hat in eben dem Jahre, in welchen seine obige Schrift erschien, eine Anwen-

dung seiner Entdeckungen über die Beugung des Lichtes, auf die Erklärung der Höfe um Sonne, Mond und andere leuchtende Körper, in folgender Schrift gemacht: An Account of the Irides or Coronae, wich appear around and contiguous to the bodies of the sun, moon and other luminous objects, 46. S. 8. mit einer Kupfertafel, welche in einer vollständigen Uebersetzung in dem oben angeführten Stücke der Gilbertschen Annalen enthalten ist. — Eine dritte hieher gehörige Schrift von Jordan ist folgende: New observations concerning the colours of thin transparant bodies, shewing these phaenomena to be inflections of light, and that of the easy transmissions and reflections derived from them, have no existence, but fail equally in their application by Newton to account for the colours of natural bodies. London 1800, 8. Gilbert macht in dem angeführten Stücke seiner Annalen von dieser Schrift die Verheißung: davon künftig ein Mehreres! hat aber bisher dieselbe nicht erfüllt.

Ende des zweyten Bändchens.

Tab. I.

